

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

**PROYECTO “STGN SIERRA MADRE
(FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

ESTUDIO DE RIESGO

**PROMOVENTE DEL PROYECTO:
TRANSPORTADORA DE GAS SIERRA MADRE, S DE R.L. DE C.V.**

**PREPARADO PARA:
AGENCIA NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL Y
PROTECCIÓN AMBIENTAL AGENCIA DE SEGURIDAD, ENERGÍA
Y AMBIENTE (ASEA)**



**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

TABLA DE CONTENIDO

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	17
A. Perfil del Gasoducto.....	24
B. Normas, códigos, buenas prácticas y estándares para la elaboración de las bases de diseño del STGN.....	27
C. Accesos (marítimos y terrestres) del STGN	31
II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	46
A. Sustancia transportada	46
B. Descripción breve de la ruta	47
C. Cantidad de gas almacenada en el STGN	48
D. Descripción del proceso	51
D.1. Interconexión	52
D.2. Sistema de Filtración	54
D.3. Control de flujo.....	54
D.4. Medición.....	55
D.5. Sistema de Analizador de Gases	56
D.6. Sistema de Compresión de Gas.....	56
D.7. Enfriamiento de Gas Natural	57
D.8. Trampa de Diablos	58
D.9. Sistema de gas combustible a Turbocompresor	58
D.10. Sistema de gas de sellos.....	58
D.11. Sistema de recuperación de condensados	58
D.12. Sistema de drenaje aceitoso	58
D.13. Sistema de generación de energía.....	59
D.14. Sistema de venteo	61
D.15. Sistema de recuperación de gas de venteo	61
D.16. Sistema de aire de instrumentos y aire de planta	61
D.17. Sistema de agua de servicio.....	62
E. Filosofía de operación.....	63

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

E.1. Tramo Frontera – Estación de Compresión 1 (CS-1)	63
E.1.1. Operación normal	63
E.1.2. Operación durante la emergencia operativa.....	65
E.2. Tramo Estación de Compresión 1 (CS-1) – Estación de Compresión 2 (CS-2)	65
E.2.1. Operación normal	66
E.2.2. Operación durante la emergencia	67
E.3. Tramo Estación de Compresión 2 (CS-2) – Estación de Compresión 3 (CS-3)	67
E.3.1. Operación normal	68
E.3.2. Operación durante la emergencia	69
E.4. Tramo Estación de Compresión 3 (CS-3) – Estación de Compresión 4 (CS-4)	70
E.4.1. Operación normal	70
E.4.2. Operación durante la emergencia operativa.....	72
E.5. Tramo Estación de Compresión 4 (CS-4) – Estación de Medición y Control EMRyC Puerto Libertad.....	72
E.5.1. Operación normal	73
E.5.2. Operación durante la emergencia operativa.....	74
E.6. Sistemas de control en estaciones de compresión	75
E.6.1. Sistemas de Control Proceso (SCP)	75
E.6.2. Sistemas de Paro por Emergencia (SPE)	76
E.6.3. Sistemas de Fuego y Gas (SFG).....	78
E.6.4. Sistemas de Detección de Intrusos (SDI)	79
E.6.5. Sistemas de Detección de Fugas (SDF)	80
E.6.6. Sistemas de CCTV	81
E.6.7. Sistemas de Comunicaciones	82
E.6.8. Ciberseguridad.....	82
F. Estación Villa Ahumada CS1	83
F.1. Alimentación a la Estación de Compresión CS1	83
F.1.1. Gasoducto Tarahumara	83
F.1.2. Gasoducto Frontera Waha.....	83

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

F.2. Filtración	84
F.2.1. Gasoducto Tarahumara	84
F.2.2. Gasoducto Frontera Waha.....	87
F.3. Regulación y Medición	89
F.3.1. Gasoducto Tarahumara	89
F.3.2. Gasoducto Frontera Waha.....	91
F.4. Compresión y Enfriamiento.....	93
F.4.1. Sistema de Compresión.....	93
F.4.2. Sistema de Enfriamiento	94
F.5. Descarga de la Estación de Compresión.....	96
F.6. Válvula de Seccionamiento en By-Pass de CS-1	97
F.7. Paro de la Estación de Compresión	98
F.7.1. Paro normal por mantenimiento.....	98
F.7.2. Paro del Suministro del Gas Natural.....	98
F.7.3. Gas Natural Fuera de Especificación	98
F.8. Servicios auxiliares	99
F.8.1. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-1001) A Turbina	100
F.8.2. Sistema de Acondicionamiento De Gas Combustible (PK-FG-1002) A Turbina.....	101
F.8.3. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-1002) A Turbina	102
F.8.4. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-1004) A Turbina	103
F.8.5. Sistema de venteo de gas.....	105
F.8.6. Sistema de recuperación de gas	105
G. Estación Mata Ortiz CS2	106
G.1. Alimentación a la estación de compresión	107
G.2. Filtración	108
G.3. Compresión y Enfriamiento	110
G.3.1. Sistema de Compresión	110
G.3.2. Sistema de Enfriamiento	111

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

G.4. Descarga de la Estación de Compresión	112
G.5. Válvula de Seccionamiento en By-Pass de CS-2	113
G.6. Paro de la Estación de Compresión	114
G.6.1. Paro normal por mantenimiento	114
G.6.1. Paro del Suministro del Gas Natural	114
G.7. Servicios auxiliares	115
G.7.1. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-2001) a Turbina	115
G.7.2. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-2002) a Turbina	116
G.7.3. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-2003) a Turbina	118
G.7.4. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-2004) a Turbina	119
G.7.5. Sistema de Venteo de Gas.....	120
G.7.6. Sistema de Recuperación de Gas.....	120
H. Estación de Cumpas CS3.....	122
H.1. Alimentación a la estación de compresión	122
H.2. Filtración	123
H.3. Compresión y Enfriamiento	125
H.3.1. Sistema de Compresión	125
H.3.2. Sistema de Enfriamiento.....	126
H.4. Descarga de la Estación de Compresión	128
H.5. Válvula de Seccionamiento en By-Pass de CS-3.....	129
H.6. Paro de la estación de compresión	129
H.6.1. Paro normal por mantenimiento	129
H.6.2. Paro del suministro de gas natural	130
H.7. Servicios auxiliares	130
H.7.1. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-3001) a Turbina	130
H.7.2. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-3002) a Turbina	132
H.7.3. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-3003) a Turbina	133
H.7.4. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-3004) a Turbina	134

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

H.7.5. Sistema de venteo de gas	135
H.7.6. Sistema de recuperación de gas	136
I. Estación Santa Rosa CS4.....	137
I.1. Alimentación a la estación de compresión	137
I.1.1. Gasoducto Carso	137
I.1.2. Gasoducto de estación compresión Cumpas CS3	138
I.2. Filtración	139
I.2.1. Gasoducto Carso	139
I.2.2. Gasoducto de estación compresión Cumpas CS3	141
I.3. Regulación y Medición	143
I.3.1. Gasoducto Carso	143
I.3.2. Gasoducto de estación compresión Cumpas CS3	146
I.4. Compresión y Enfriamiento	146
I.4.1. Sistema de Compresión	146
I.4.2. Sistema de Enfriamiento	147
I.5. Descarga de la estación de compresión	149
I.6. Válvula de Seccionamiento en By-Pass de CS-4	150
I.7. Paro de la estación de compresión	150
I.7.1. Paro normal por mantenimiento	150
I.7.2. Paro del suministro de gas natural.....	151
I.7.3. Gas natural fuera de especificación	151
I.8. Servicios auxiliares.....	152
I.8.1. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-4001) a Turbina.....	152
I.8.2. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-4002) a Turbina.....	153
I.8.3. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-4003) a Turbina.....	155
I.8.4. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-4004) a Turbina.....	156
I.8.4. Sistema de venteo de gas.....	157
I.8.5. Sistema de recuperación de gas.....	157

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

J. EMRyC Puerto Libertad.....	159
J.1. Alimentación a la EMRyC Puerto Libertad	159
J.2. Filtración	160
J.3. Regulación y Medición	162
J.4. Servicios auxiliares.....	164
III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	165
A. Aspectos abióticos	165
A.1. Clima	165
A.1.1. Temperatura	166
A.1.2. Precipitación	168
A.1.3. Vientos dominantes	170
A.2. Fenómenos climatológicos	173
A.2.1. Heladas	173
A.2.2. Ciclones (Huracanes)	174
A.2.3. Granizo.....	175
A.2.4. Sequía.....	176
A.2.5. Inundaciones.....	177
B. Geología.....	178
B.1. Fisiografía	187
B.2. Edafología.....	188
B.3. Fenómenos Geológicos	195
B.3.1. Fenómenos Geológicos	195
B.3.2. Susceptibilidad de la zona a derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos.	196
B.3.3. Regionalización sísmica.	197
B.3.4. Intensidad sísmica.	198
C. Historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área del proyecto.	200
D. Zonas vulnerables entorno al área del proyecto.	202
D.1. Densidad Poblacional	202

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

IV. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.....	232
IV.1. Análisis Preliminar de Peligros	232
A. Metodología Hazid (Hazard Identification).....	232
B. Determinación de los niveles de riesgo	234
B.1. Consecuencias	235
B.2. Frecuencia	236
C. Hojas de trabajo Hazid	238
D. Resultados del análisis Hazid.....	238
E. Análisis de los resultados de la evaluación Hazid	246
IV.2. Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares	249
IV.3. Identificación de peligros y escenarios de riesgo	257
A. Metodología HaZop (Hazardous Operability Analysis).....	257
IV.4. Jerarquización de riesgos	259
A. Hojas de trabajo Hazop	265
B. Resultados del análisis Hazop.....	265
C. Resultados de la jerarquización de peligros y riesgos del análisis Hazop	268
D. Conclusiones de la jerarquización de los riesgos del análisis Hazop	271
E. Escenarios de los riesgos identificados del análisis Hazop	271
V. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS.....	285
V.1 ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLAS	285
A. Metodología de árbol de fallas.....	285
B. Procedimiento de árbol de fallas.....	287
C. Análisis de árbol de fallas	287
D. Sucesos para el análisis de árbol de fallas	288
E. Valores de frecuencias de falla en equipos y accesorios	289
F. Resultados del análisis de árbol de fallas.....	294
G. Conclusión del árbol de fallas.....	315
V.2. ANÁLISIS CONSECUENCIAS	318

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

A. Metodología de análisis de consecuencias	318
A.1. Mezcla de Gas Natural	318
A.2. Evaluación de variables meteorológicas y estabilidad Pasquill.....	318
A.3. Tipos de eventos de riesgo que pudieran esperarse en las simulaciones	320
A.3. Parámetros y equivalencias de daños a esperarse en las simulaciones	320
A.4. Evaluación de variables de operación, tiempos de las fugas e inventarios a considerar en el análisis de consecuencias de los eventos hipotéticos.	323
VI.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD.....	335
A. Análisis de vulnerabilidad	335
B. Interacciones de riesgo.....	338
VI. REPOSICIONAMIENTO DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO	390
A. Metodología de árbol de sucesos	390
A.1. Construcción de árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos	390
A.2. Evaluación del árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos.....	391
A.3.- Evaluación del árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos establecidos	392
VII. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO.....	407
A.- SISTEMAS DE SEGURIDAD	407
A.1.- Sistemas de Protección Catódica (SPC).....	407
A.1.1.- Diseño del SPC	407
A.1.2.- Criterios de diseño del SPC	407
A.2.- Diseño e Instrumentación	408
A.2.1.- Válvulas	408
A.2.1.1. Válvulas de Bloqueo ESDV / SDV.....	408
A.2.1.2. Válvulas de Despresurización de Emergencia BDV.....	410
A.2.1.3. Válvulas de Control Modulante	411
A.2.1.4. Válvulas de corte XV y HV.....	413
A.2.1.5. Válvulas de Seccionamiento MLV.	414
A.2.1.6. Válvulas Manuales con Interruptores de Posición.....	415

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

A.2.1.7. Válvulas de Alivio de Presión.	416
A.2.1.8. Válvulas Reguladoras.	417
A.3.- Sistema de Control de Proceso (SCP)	418
A.4.- Sistema de Paro de Emergencia (SPE)	419
A.5.- Sistema de Fuego y Gas (SFG)	419
A.6.- Sistema Contra Incendio	420
B.- Recomendaciones técnico - operativos.....	421
VIII. CONCLUSIONES	430
IX. RESUMEN EJECUTIVO	464

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Esquematización general del STGN del proyecto.	18
Figura. 2. Municipios Guadalupe y Ahumada.	20
Figura. 3. Municipios de Buenaventura, Galeana, Nuevo Casas Grande y Casas Grande	21
Figura. 4. Municipios de Bacerac, Huachinera, Villa Hidalgo, Huásabas y Cumpas.....	21
Figura. 5. Municipios de Arizpe, Cucurpe, Santa Ana y Trincheras	22
Figura. 6. Municipios de Trincheras y Pitiquito	22
Figura. 7. Perfil del gasoducto Frontera a Puerto Libertad	25
Figura. 8. Diagrama de flujo de proceso escenario 1	45
Figura. 9. Diagrama de flujo de proceso escenario 2	46
Figura. 10. Diagrama de flujo de proceso escenario 3	47
Figura. 11. Diagrama de flujo de proceso escenario 4	48
Figura. 12. Diagrama de flujo de proceso escenario 5	49
Figura. 13. Diagrama de flujo de proceso escenario 6	50
Figura. 14. Diagrama de flujo de proceso escenario 7	51
Figura. 15. Diagrama de flujo de proceso escenario 4A	52
Figura. 16. Diagrama de flujo de proceso escenario 4B	53

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 17. Unidades climáticas en el área DDV del gasoducto	166
Figura. 18. Comportamiento de la temperatura media mensual registrada en las normales climatológicas	168
Figura. 19. Precipitación media mensual registrada	169
Figura. 20. Isoyetas e isotermas en el área del Proyecto	170
Figura. 21. Direcciones predominantes del viento en la estación Altar	171
Figura. 22. Direcciones predominantes del viento en la estación Nuevo Casas Grandes	171
Figura. 23. Direcciones predominantes del viento en la estación Pilares	172
Figura. 24. Direcciones predominantes del viento en la estación Villa Ahumada	172
Figura. 25. Nivel de peligro por heladas en el AP	174
Figura. 26. Nivel de peligros por ciclones en el AP	175
Figura. 27. Nivel de peligro por granizo en el AP	176
Figura. 28. Nivel de peligro por sequía en el AP	177
Figura. 29. Nivel de peligro por inundaciones en el AP	178
Figura. 30. Unidades Litoestratigráficas del AP	179
Figura. 31. Provincias y subprovincias fisiográficas del AP	187
Figura. 32. Unidades edafológicas presentes en el AP	189
Figura. 33. Fallas y fracturas del AP	196
Figura. 34. Nivel de peligro por deslizamiento de laderas en el AP	197
Figura. 35. Regionalización sísmica en el AP	198
Figura. 36. Intensidad sísmica en el AP	199
Figura. 37. Tasas de incidencia de casos COVID-19 acumulados en México por entidad federativa a diciembre de 2022	201
Figura. 38. Matriz de jerarquización de riesgo	237
Figura. 39. Categorías de riesgo de la evaluación Hazid	247
Figura. 40. Distribución de riesgo por tipo de impacto	248
Figura. 41. Diagrama de flujo para realizar un análisis HaZop (Adaptación de Dowell III, 1998). .	259
Figura. 42. Matriz de jerarquización de riesgo de proceso	263
Figura. 43. Priorización de las zonas de riesgo	265

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 44. Categorías de riesgo de la evaluación Hazop	267
Figura. 45. Distribución de riesgo por tipo de impacto.....	268
Figura. 46. Árbol de fallas suceso 1.	301
Figura. 47. Árbol de fallas suceso 2.	305
Figura. 48. Árbol de fallas suceso 3.	308
Figura. 49. Árbol de fallas suceso 4.	312
Figura. 50. Esquema general de un árbol de sucesos.	391
Figura. 51. Árbol de eventos derivados de una fuga de gas	392
Figura. 52. Análisis de árbol de eventos del Suceso 1	394
Figura. 53. Análisis de árbol de eventos del Suceso 2	397
Figura. 54. Análisis de árbol de eventos del Suceso 3	399
Figura. 55. Análisis de árbol de eventos del Suceso 4	402

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación municipios de la ruta del ducto	18
Tabla 2. Ubicación de estaciones superficiales	23
Tabla 3. Ubicación de válvulas de seccionamiento	23
Tabla 4. Planos de trazo y perfil del gasoducto Frontera a Puerto Libertad.....	25
Tabla 5. Normatividad aplicable al proyecto	28
Tabla 6. Especificaciones de ducto.....	32
Tabla 7. Clases de localización.....	35
Tabla 8. Cruzamientos del gasoducto.....	40
Tabla 9. Instalaciones superficiales Estaciones de Compresión CS	55
Tabla 10. Instalaciones superficiales EMRyC.....	55
Tabla 11. Instalaciones superficiales trampa de diablos y válvulas de seccionamiento	55
Tabla 12. Lista de equipo de proceso de la CS1	58
Tabla 13. Lista de equipo de proceso de la CS2	67
Tabla 14. Lista de equipo de proceso de la CS3	76

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 15. Lista de equipo de proceso de la CS4	85
Tabla 16. Lista de equipo de proceso de la EMRyC Puerto Libertad	94
Tabla 17. Termogenerador para MVL's	96
Tabla 18. Distancia entre señalamientos	45
Tabla 19. Composición del Gas Natural	46
Tabla 20. Sustancia peligrosa manejada en el proyecto	49
Tabla 21. Cálculo del metano contenido dentro del sistema	49
Tabla 22. Actividad del sector hidrocarburos (artículo 3º., fracción XI de la Ley de la ASEA)	50
Tabla 23. Resumen de sustancias peligrosas	50
Tabla 24. Equipos principales en las estaciones del STGN	51
Tabla 25. Especificaciones técnicas del proyecto.....	51
Tabla 26. Capacidades de diseño y operativas del proyecto	52
Tabla 27. Resumen de condiciones de operación para los escenarios del Proyecto	52
Tabla 28. Diagramas de flujo de 9 escenarios de operación del proyecto	53
Tabla 29. Sistemas de filtración	54
Tabla 30. Patines de regulación.....	55
Tabla 31. Patines de medición	55
Tabla 32. Documentos de referencia SCP	76
Tabla 33. Documentos de referencia SPE	77
Tabla 34. Documentos de referencia SFG	79
Tabla 35. Documentos de referencia SDI	80
Tabla 36. Documentos de referencia de proceso de la estación CS1	106
Tabla 37. Documentos de referencia de proceso de la estación CS2	121
Tabla 38. Documentos de referencia de proceso de la estación CS3	136
Tabla 39. Documentos de referencia de proceso de la estación CS4	158
Tabla 40. Documentos de referencia de proceso de la EMRyC Puerto Libertad	164
Tabla 41. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio (msnm = metros sobre el nivel del mar)	166
Tabla 42. Temperatura promedio mensual registrada en las 4 estaciones.	167

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Tabla 43. Precipitación máxima mensual y máxima diaria para las 4 estaciones.	168
Tabla 44. Promedio mensual de días con lluvia, niebla, granizo y tormentas que se registraron en las estaciones meteorológicas	173
Tabla 45. Unidades litoestratigráficas del AP	179
Tabla 46. Unidades edafológicas del AP	189
Tabla 47. Escala de Mercalli	199
Tabla 48. Estadísticas de casos COVID en los estados de Chihuahua y Sonora a enero de 2023	201
Tabla 49. Poblaciones registradas en INEGI dentro del radio de 800 metros.....	202
Tabla 50. Proximidades y cruzamientos con zonas vulnerables de población en el entorno de la franja de 800 m a ambos lados del DDV.....	203
Tabla 51. Proximidades con carreteras franja de 800 m a ambos lados del DDV.	203
Tabla 52. Proximidades con caminos franja de 800 m a ambos lados del DDV	205
Tabla 53. Proximidades con líneas de transmisión franja de 800 m a ambos lados del DDV	224
Tabla 54. Proximidades con líneas de transmisión franja de 800 m a ambos lados del DDV	225
Tabla 55. Uso de suelo (sobre el DDV)	226
Tabla 56. Determinación de la consecuencia	235
Tabla 57. Categorías de frecuencias	236
Tabla 58. Resultados de grados de peligros por categoría o actividad	238
Tabla 59. Cuantificación de peligros de las categorías analizadas en el Hazid	246
Tabla 60. Cuantificación de riesgo de los peligros para cada categoría de receptor	247
Tabla 61. Resumen de accidentes en ductos	250
Tabla 62. Principales causas de los accidentes en todos los sistemas de ductos, periodo 2010-2019	250
Tabla 63. Principales daños causados de los accidentes en todos los sistemas de ductos, periodo 2000-2019	251
Tabla 64. Antecedentes de accidentes e incidentes.....	252
Tabla 65. Palabras guía más utilizadas en la metodología HaZop.....	258
Tabla 66. Determinación de la consecuencia	261
Tabla 67. Categorías de frecuencias	262

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Tabla 68. Índice de Riesgo.....	263
Tabla 69. Cuantificación de peligros de las categorías analizadas en el Hazop	265
Tabla 70. Cuantificación de riesgo de los peligros para cada categoría de receptor	266
Tabla 71. Jerarquización de riesgos Daño al Personal del Hazop	269
Tabla 72. Jerarquización de riesgos Efectos a la Población del Hazop	269
Tabla 73. Jerarquización de riesgos Impacto Ambiental del Hazop	270
Tabla 74. Jerarquización de riesgos daño infraestructura y producción del Hazop	270
Tabla 75. Escenarios identificados del análisis HAZOP	272
Tabla 76. Escenarios identificados al análisis de frecuencias	282
Tabla 77. Eventos de riesgo identificados para el análisis de consecuencias	282
Tabla 78. Símbolos de eventos en FTA.....	286
Tabla 79. Símbolos de puertas en el FTA.....	286
Tabla 80. Escenarios para la metodología de árbol de fallas	288
Tabla 81. Frecuencias de falla para el suceso 1.....	289
Tabla 82. Frecuencias de falla para el suceso 2.....	290
Tabla 83. Frecuencias de falla para el suceso 3.....	291
Tabla 84. Frecuencias de falla para el suceso 4.....	293
Tabla 85. Solución al árbol de fallas suceso 1.....	294
Tabla 86. Solución al árbol de fallas suceso 2.....	296
Tabla 87. Solución al árbol de fallas suceso 3.....	297
Tabla 88. Solución al árbol de fallas suceso 4.....	299
Tabla 89. Resultados de la solución de árboles de falla para los sucesos planteados	315
Tabla 90. Criterios de categoría, descripción y frecuencia en una matriz de riesgos según COMERI	315
Tabla 91. Valores de frecuencia de los sucesos analizados	316
Tabla 92. Frecuencia de ruptura de ductos	317
Tabla 93. Compnnetes de la nmezcla de Gas natural	318
Tabla 94. Estabilidades según Pasquill	319
Tabla 95. Valores umbrales seleccionados	320

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 96. Efectos generados a diferentes intensidades de Radiación Térmica	321
Tabla 97. Vulnerabilidad de materiales por radiación térmica	321
Tabla 98. Efectos estimados por sobrepresión	322
Tabla 99. Eventos típicos de fuga o derrame de productos	324
Tabla 100. Escenarios a simular con los datos a ser alimentados en el software PHAST	326
Tabla 101. Resultados de las simulaciones realizadas en el software PHAST de los escenarios planteados	330
Tabla 102. Descripción de los posibles receptores de riesgo.....	335
Tabla 103. Interacciones de riesgo con las poblaciones dentro del radio de 800 metros	338
Tabla 104. Interacciones de riesgo con las carreteras dentro del radio de 800 metros	344
Tabla 105. Interacciones de riesgo con las carreteras dentro del radio de 800 metros	349
Tabla 106. Interacciones de riesgo con las líneas de transmisión dentro del radio de 800 metros.....	378
Tabla 107. Interacciones de riesgo con las vías férreas dentro del radio de 800 metros	383
Tabla 108. Interacciones de riesgo con las ductos dentro del radio de 800 metros.....	386
Tabla 109. Sistemas de seguridad o salvaguardas principales para los componentes del STGN presentes en los sucesos del árbol de eventos	394
Tabla 110. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 1	394
Tabla 111. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 2	396
Tabla 112. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 3	400
Tabla 113. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 4	402
Tabla 114. Frecuencias utilizadas en el HAZOP y frecuencias calculadas con base en las salvaguardas establecidas	405
Tabla 115. Sobreposición de los escenarios de riesgo	406
Tabla 116. Recomendaciones de la identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos	422
Tabla 117. Programa de seguimiento e implementación a las recomendaciones	426

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

I. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

TRANSPORTADORA DE GAS SIERRA MADRE, S. DE R.L. DE C.V. ha iniciado el desarrollo de un **proyecto** que involucra un nuevo sistema de transporte de gas natural (**STGN**), teniendo el punto de partida en el Hub de Waha en el estado de Texas, dentro de los Estados Unidos de América y el punto de entrega en la Terminal GNL de Sonora (Gas Natural Licuado, **GNL** o **LNG**) localizada en Puerto Libertad, municipio de Pitiquito, Sonora, en los Estados Unidos Mexicanos, para ser ahí procesado y exportado. El desarrollo de este sistema se identificará como el “**Proyecto STGN Sierra Madre (Frontera-Puerto Libertad)**”.

Dicho **Proyecto** considera la construcción de un gasoducto de 48” de diámetro nominal y una longitud aproximada de 800 km, además de cuatro nuevas estaciones de compresión (**CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4**), de las cuales, las estaciones 1 y 4 podrán adicionalmente recibir gas natural de los gasoductos Tarahumara propiedad de Tarahumara Pipeline, S. de R. L. de C. V. de Fermaca y del Gasoducto Samalayuca-Sásabe (“GSS”) propiedad de Carso Gasoducto Norte, S.A. C.V., respectivamente. Asimismo, se considera la construcción de una nueva Estación de Medición Regulación y Control (**EMRyC**) en la Terminal GNL de Sonora en Puerto Libertad.

El alcance del presente **Proyecto** es la instalación de un **STGN** con la finalidad de suministrar dicho combustible a la Terminal GNL de Sonora localizada en Puerto Libertad, Sonora, en los Estados Unidos Mexicanos, para ser ahí procesado y exportado.

Para esto, se diseñarán 4 estaciones de compresión, un gasoducto de 48” x 800 km de longitud aproximadamente y una **EMRyC** en Puerto Libertad. El límite de batería del **Proyecto** se extiende desde el punto de interconexión en la frontera en el estado de Chihuahua (KM 00+000) hasta la **EMRyC** en la Terminal GNL de Sonora en Puerto Libertad en el estado de Sonora (KM 800+000).

Es importante mencionar que la ingeniería y la información aquí presentada corresponde a la infraestructura del sistema de transporte ubicado en el lado mexicano, a partir del cruce fronterizo proveniente del estado de Texas. La estación de entrega del lado de Texas deberá realizar la medición y monitoreo de la calidad de gas (considerando la instalación de los analizadores y cromatógrafos solicitados en la norma **NOM-001- SECRE-2010**), y enviará las señales del flujo medido al Sistema de Control de Proceso (**SCP**) del lado mexicano. La perforación en el cruce de la frontera en el río Bravo será tipo **HDD** (Horizontal Directional Drill), donde se realizará la transferencia de custodia del gas.

La medición fiscal que corresponde al **Proyecto** se tendrá en la estación de compresión **CS-1** (KM 119+000), en donde se tendrán patines de medición y analizadores de gas tanto para la llegada del gas proveniente de la frontera (Gasoducto Waha) como para la llegada del gas proveniente del gasoducto Tarahumara (Fermaca). Por su parte, en la estación **CS-4** (KM 632+000) se tendrá medición de la aportación del gas proveniente del gasoducto Samalayuca-Sásabe.

En la **EMRyC** de Puerto Libertad se tendrá regulación y medición de flujo y análisis de calidad previo al envío del gas hacia los trenes de licuefacción de la Terminal GNL de Sonora en Puerto Libertad.

Los elementos principales del **proyecto** son:

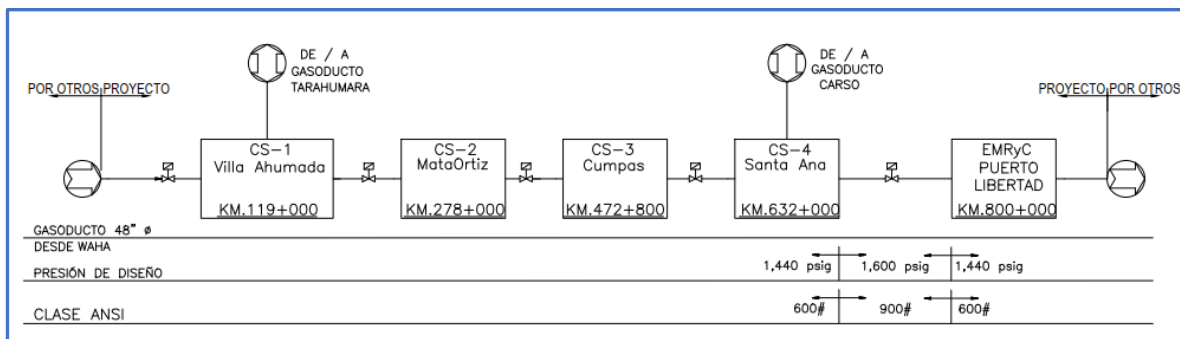
- Punto de recepción del gas en el cruce de la frontera de Chihuahua con EUA.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

- Gasoducto de 48" de diámetro y **800 km** de longitud aproximadamente.
- 4 estaciones de compresión.
- Estación **EMRyC** de entrega en Puerto Libertad.
- 27 válvulas de seccionamiento (MLV's)

El sistema de transporte se esquematiza de manera general en la siguiente figura:

Figura. 1. Esquematisación general del STGN del proyecto.



La ruta del **STGN** se desarrolla entre los estados de Chihuahua y Sonora, en la siguiente tabla e imágenes se muestran los municipios que cruza la trayectoria del ducto.

Tabla 1. Ubicación municipios de la ruta del ducto

No.	Transecto	Estado	Municipio	KM inicial	Km final	Longitud (Km)
1	Inicio	Chihuahua	Guadalupe	-0+450.00	0+000.00	31,282.00
2	MLV-60100 KM 0+000	Chihuahua	Guadalupe	0+000.00	30+750.00	
3	MLV-60101 KM 30+750	Chihuahua	Ahumada	30+750.00	60+850.00	143,015.00
4	MLV-60102 KM 60+850.00	Chihuahua	Ahumada	60+850.00	91+450.00	
5	MLV-60103 KM 91+450.00	Chihuahua	Ahumada	90+000.00	119+000.00	
6	Estación de compresión 10404 Km 119+000.00	Chihuahua	Ahumada	119+000.00	151+000.00	
7	MLV-60205 KM 151+000.00	Chihuahua	Ahumada	151+000.00	167+850.00	
8		Chihuahua	Ahumada	177+090.00	181+700.00	
9		Chihuahua	Buenaventura	167+850.00	177+090.00	
10		Chihuahua	Buenaventura	181+700.00	183+000.00	
11	MLV-60206 KM 183+000.00	Chihuahua	Buenaventura	183+000.00	210+390.00	36,950.00

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Transecto	Estado	Municipio	KM inicial	Km final	Longitud (Km)
12		Chihuahua	Galeana	210+390.00	215+000.00	32,007.00
13		Chihuahua	Galeana	215+000.00	242+550.00	
14	MLV-60207 KM 215+000.00	Chihuahua	Nuevo Casas Grandes	242+550.00	246+600.00	22,754.00
15	MLV-60208 KM 246+600.00	Chihuahua	Nuevo Casas Grandes	246+600.00	265+070.00	
16		Chihuahua	Nuevo Casas Grandes	265+070.00	278+000.00	
17	Estación de Compresión-20409 KM 278+000.00	Chihuahua	Nuevo Casas Grandes	278+000.00	304+200.00	
18	MLV-60310 KM 304+200.00	Chihuahua	Nuevo Casas Grandes	304+200.00	331+600.00	
19	MLV-60311 KM 304+200.00	Chihuahua	Nuevo Casas Grandes	331+600.00	333+620.00	14,522.00
20		Sonora	Bacerac	333+620.00	349+650.00	
21		Sonora	Huachinera	349+650.00	362+950.00	49,042.00
22	MLV-60312 KM 362+950.00	Sonora	Huachinera	362+950.00	390+650.00	
23	MLV-60313 KM 390+650.00	Sonora	Huachinera	390+650.00	397+070.00	52,058.00
24	MLV-60314 KM 421+750.00	Sonora	Villa Hidalgo	397+070.00	421+750.00	
25		Sonora	Villa Hidalgo	421+750.00	444+660.00	
26		Sonora	Villa Hidalgo	448+040.00	449+130.00	
27		Sonora	Huasabas	444+660.00	448+040.00	0.708
28		Sonora	Cumpas	449+130.00	452+000.00	39,660.00
29	MLV-60315 KM 452+000.00	Sonora	Cumpas	452+000.00	472+800.00	
30	Estación de Compresión-30416 KM 472+800.00	Sonora	Cumpas	472+800.00	489+740.00	55,333.00
31		Sonora	Arizpe	489+740.00	504+200.00	
32	MLV-60417 KM 504+200.00	Sonora	Arizpe	504+200.00	536+200.00	42,061.00
33	MLV-60418 KM 536+200.00	Sonora	Arizpe	536+200.00	544+210.00	
34		Sonora	Cucurpe	544+210.00	568+200.00	42,061.00
35		Sonora	Cucurpe	568+200.00	585+850.00	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Transecto	Estado	Municipio	KM inicial	Km final	Longitud (Km)
36	MLV-60419 KM 568+200.00	Sonora	Santa Ana	585+850.00	600+200.00	55,158.00
37	MLV-60420 KM 600+200.00	Sonora	Santa Ana	600+200.00	632+000.00	
38	Estación de Compresión-40421 KM 632+000.00	Sonora	Santa Ana	632+000.00	641+900.00	
39		Sonora	Trincheras	641+900.00	661+100.00	69,527.00
40	MLV-60522 KM 661+100.00	Sonora	Trincheras	661+100.00	688+650.00	
41	MLV-60523 KM 688+650.00	Sonora	Trincheras	688+650.00	710+580.00	
42		Sonora	Pitiquito	710+580.00	717+300.00	88,948
43	MLV-60524 KM 717+300.00	Sonora	Pitiquito	717+300.00	744+200.00	
	MLV-60525 KM 744+200.00	Sonora	Pitiquito	744+200.00	772+350	
	MLV-60526 KM 772+350.00	Sonora	Pitiquito	772+350	800+000.00	

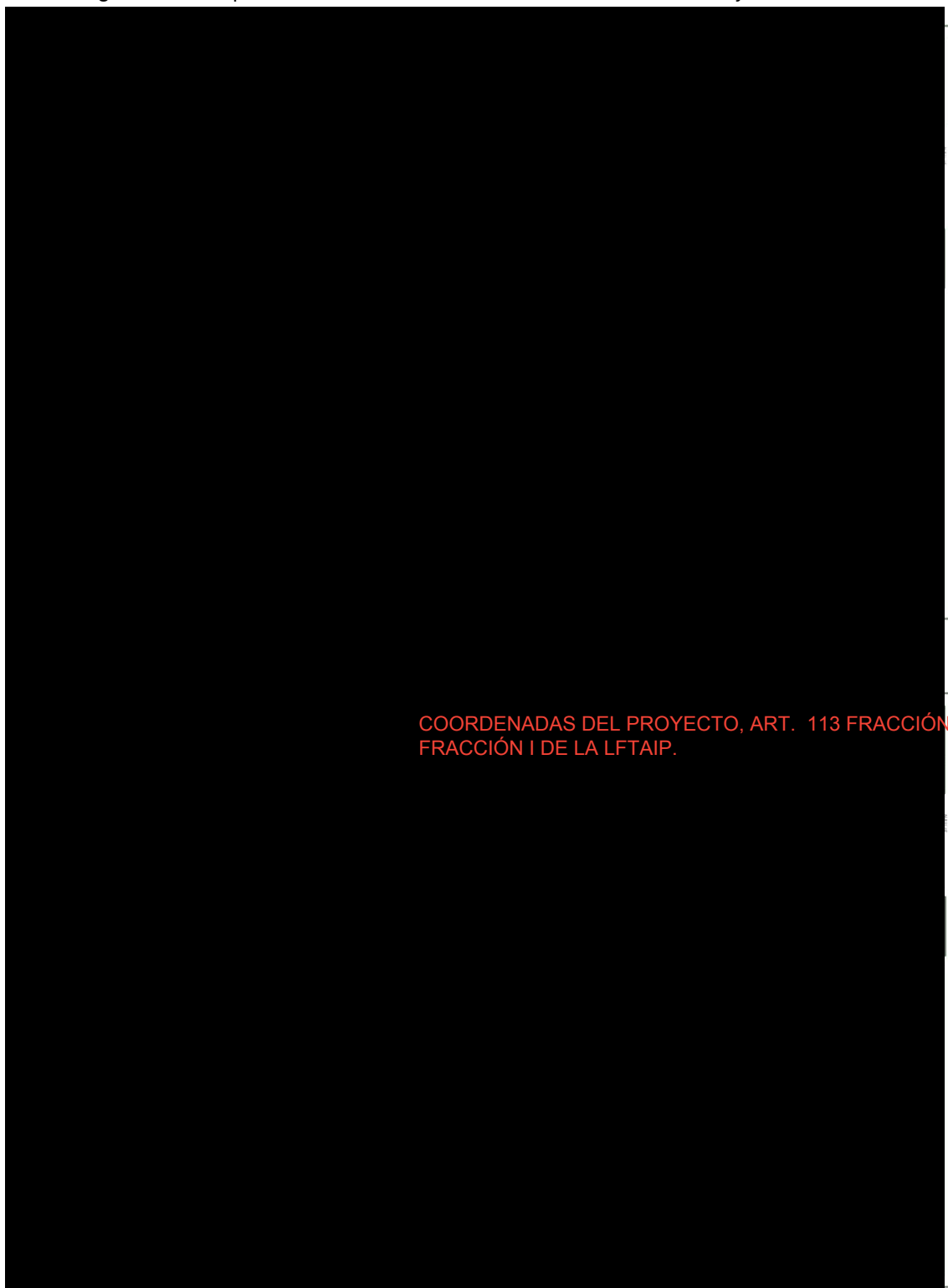
Figura. 2. Municipios Guadalupe y Ahumada.



COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

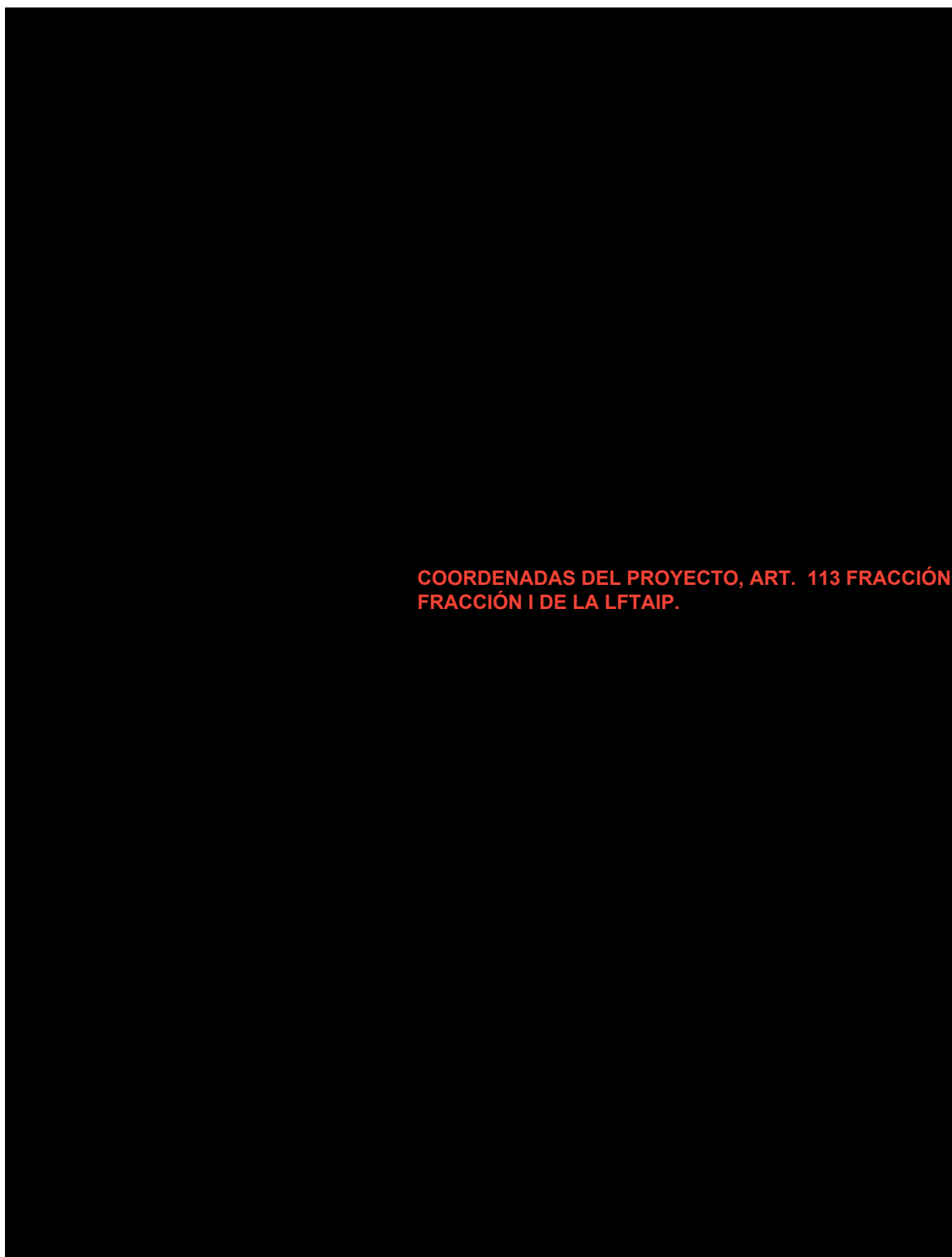
Figura. 3. Municipios de Buenaventura, Galeana, Nuevo Casas Grandes y Casas Grandes



COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110
FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 5. Municipios de Arizpe, Cucurpe, Santa Ana y Trincheras



**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

La ubicación de la Infraestructura del **STGN** de la frontera a Estación de Regulación Puerto Libertad es la siguiente.

Tabla 2. Ubicación de estaciones superficiales

Instalación	Objetivo	Municipio	KM	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)
CS-1	Estación de Medición, Regulación y Compresión	Ahumada, Chihuahua, México.	119+000	353,843.00	3,363,763.00	1200
CS-2	Estación de Compresión	Mata Ortiz, Chihuahua, México.	278+000	780,856.00	3,340,040.00	1540
CS-3	Estación de Compresión	Cumpas, Sonora, México.	472+800	619,037.00	3,338,867.00	898
CS-4	Estación de Medición, Regulación y Compresión	Santa Ana, Sonora, México.	632+000	477,563.00	3,380,831.00	680
EMRyC Puerto Libertad	Estación de Medición y Regulación	Pitiquito, Sonora, México.	800+000	29°53'22.85"N	112°39'26.71"W	6

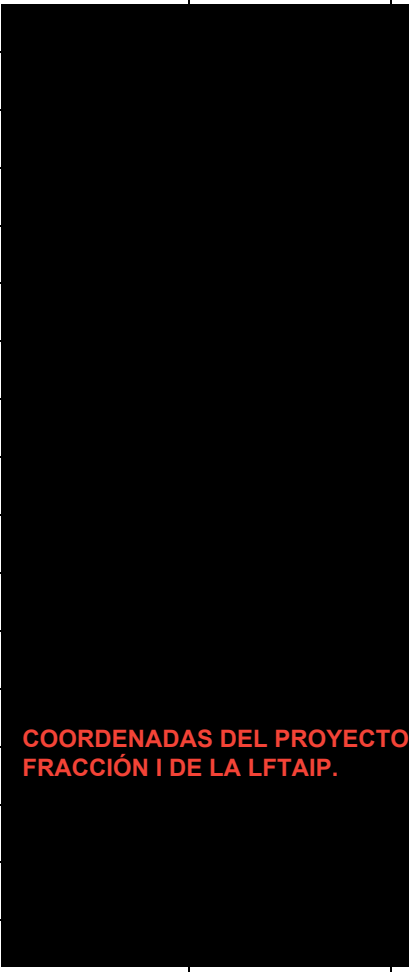
Por su parte, las válvulas de seccionamiento (MLV) serán ubicadas de acuerdo con la siguiente tabla, y en cumplimiento con las distancias máximas establecidas en la norma **NOM-007-ASEA-2016**

Tabla 3. Ubicación de válvulas de seccionamiento

Válvula	Km	Coordenadas R13		Región UTM
		X	Y	
MLV-60100	0+000			13
MLV-60101	30+750			13
MLV-60102	60+850			13
MLV-60103	91+450			13
MLV-10404*	119+000			13
MLV-60205	151+000			13
MLV-60206	183+000			13
MLV-60207	215+000			13
MLV-60208	246+600			13
MLV-20409*	278+000			12

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Válvula	Km	Coordenadas R13		Región UTM
		X	Y	
MLV-60310	304+200			12
MLV-60311	331+600			12
MLV-60312	362+950			12
MLV-60313	390+650			12
MLV-60314	421+750			12
MLV-60315	452+000			12
MLV-30416*	472+800			12
MLV-60417	504+200			12
MLV-60418	536+200			12
MLV-60419	568+200			12
MLV-60420	600+200			12
MLV-40421*	632+000			12
MLV-60522	661+100			12
MLV-60523	688+650			12
MLV-60524	717+300			12
MLV-60525	744+200			12
MLV-60526	772+350			12

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

A. Perfil del Gasoducto

Perfil del Gasoducto

La elevación de la trayectoria a la frontera ubicada en el municipio de Guadalupe, Chihuahua, México inicia a una elevación de 1042 msnm, y se extiende en dirección suroeste hacia el sitio de la Terminal GNL de Sonora en Puerto Libertad, en el municipio de Pitiquito, Sonora, México, hasta la elevación cercana al nivel del mar (6 msnm).

El detalle del perfil de los 800 km del gasoducto de 48” se presenta en la siguiente figura.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 7. Perfil del gasoducto Frontera - Puerto Libertad

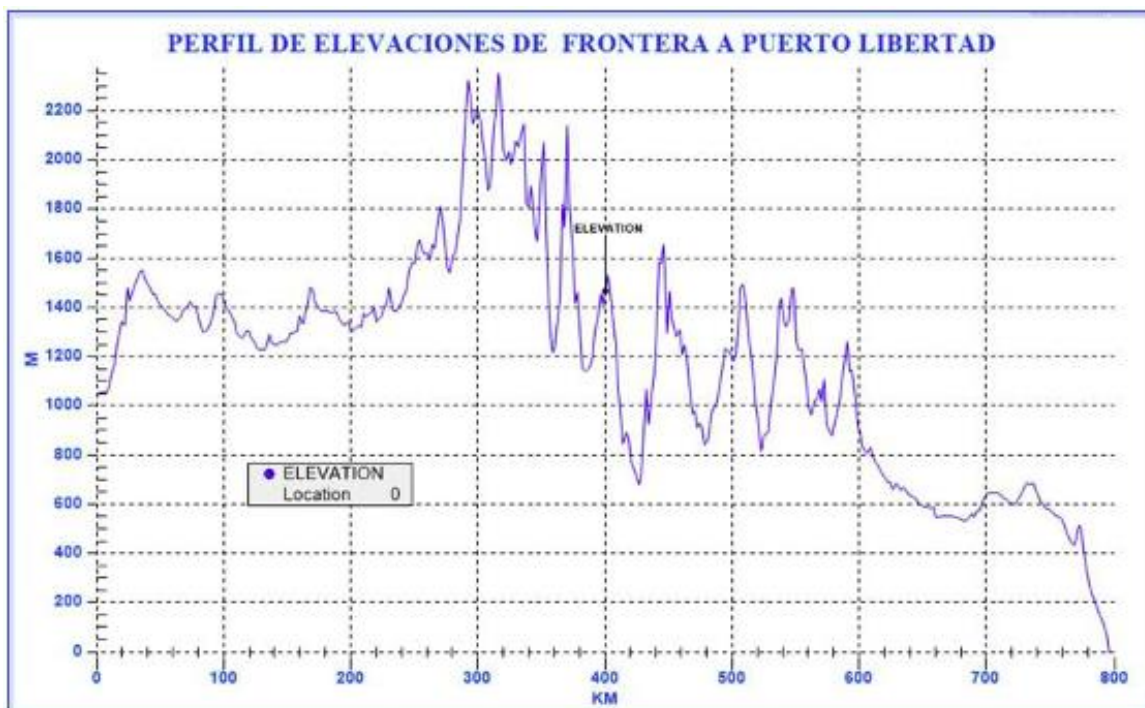


Tabla 4. Planos de trazo y perfil del gasoducto Frontera - Puerto Libertad

Nombre	Clave del plano	Anexo
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 000+000 al 020+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-05-S_00.pdf	ANEXO_ER_1_ Trayectoria planta y perfil
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 021+000 al 041+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-06-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 042+000 al 061+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-07-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 062+000 al 081+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-08-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 082+000 al 102+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-09-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 103+000 al 123+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-10-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 124+000 al 144+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-11-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 145+000 al 165+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-12-S_00.pdf	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Nombre	Clave del plano	Anexo
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 166+000 al 186+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-13-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 187+000 al 207+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-14-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 208+000 al 228+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-15-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 229+000 al 249+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-16-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 250+000 al 270+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-17-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 270+000 al 290+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-18-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 291+000 al 311+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-19-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 312+000 al 332+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-20-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 333+000 al 353+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-21-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 354+000 al 374+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-22-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 375+000 al 395+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-23-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 396+000 al 416+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-24-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 417+000 al 437+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-25-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 438+000 al 458+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-26-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 459+000 al 479+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-27-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 480+000 al 500+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-28-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 501+000 al 521+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-29-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 522+000 al 542+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-30-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 543+000 al 563+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-31-S_00.pdf	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Nombre	Clave del plano	Anexo
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 564+000 al 584+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-32-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 585+000 al 605+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-33-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 606+000 al 626+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-34-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 627+000 al 647+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-35-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 648+000 al 668+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-36-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 669+000 al 689+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-37-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 690+000 al 710+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-38-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 711+000 al 731+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-39-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 732+000 al 752+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-40-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 753+000 al 773+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-41-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 774+000 al 794+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-42-S_00.pdf	
Ruta de gasoducto, Planta y perfil km 795+000 al 800+000	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-43-S_00.pdf	

B. Normas, códigos, buenas prácticas y estándares para la elaboración de las bases de diseño del STGN

El **Proyecto** debe estar de acuerdo con los estándares nacionales, internacionales, regulaciones gubernamentales del lugar de instalación y códigos locales, así como los estándares y recomendaciones del fabricante.

El orden de precedencia es el siguiente:

- Normas Oficiales Mexicanas
- Códigos y Normas Internacionales
- Normas y Especificaciones de MP
- Códigos y estándares del Fabricante.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

El diseño, construcción, materiales, inspección, pruebas y equipos descritos en este documento deberán cumplir con la última edición de los códigos.

La lista de códigos, normas y estándares que figuran a continuación son enunciativas y sólo para referencia, se aplicará la última edición de ellos y otros podrían ser aplicables según lo aprobado por el Cliente. Cuando dos o más referencias cuenten con requisitos que estén en conflicto, la referencia más rigurosa será la que prevalece.

La edición de los códigos y estándares indicados será la última al momento de la firma del contrato.

Tabla 5. Normatividad aplicable al proyecto

NOM	NORMA OFICIAL MEXICANA
NOM-001-SECRE-2010	Especificaciones del Gas Natural
NOM-007-ASEA-2016	Transporte de gas natural, etano y gas asociado al carbón mineral por medio de ductos
NOM-008-SCFI-2002	Sistema General de Unidades de Medida
NOM-001-SEMARNAT-1996	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales
NOM-002-SEMARNAT-1996	Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal
NOM-011-STPS-2001	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido
NOM-020-STPS-2011	Recipientes sujetos a presión recipientes y criogénicos y generadores de vapor o calderas – Funcionamiento – Condiciones
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías
NOM-081-SEMARNAT-1994	Norma Oficial Mexicana que establece los límites de emisión de ruido de fuentes fijas y su método de medición
NOM-093-SCFI-2020	Válvulas de Relevo de Presión - Seguridad, Seguridad-Alivio y Alivio.
NMX-I-63-NYCE-2016	Aparatos electrónicos-cargadores de baterías
ASME	AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS
ASME B31.8	Gas transmission and distribution piping system

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

NOM	NORMA OFICIAL MEXICANA
ASME B31.3	Process piping
ASME B16.5	Pipe Flanges and Flanged Fittings NPS 1/2 Through NPS 24 Metric/Inch Standard
ASME B16.47	Large Diameter Steel Flanges NPS 26 Through NPS 60 Metric/InchStandard
ASME B16.34	Valves—Flanged, Threaded, and Welding End
ASME B36.10	Welded and Seamless Wrought Steel Pipe
ASME B36.19	Stainless Steel Pipe
ASME VIII	ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1 –Pressure Vessels
ASME RTP 1	Reinforced Thermoset Plastic Corrosion-Resistant Equipment
API	AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE
API RP 520	Recommended Practice for the Sizing, Selection, and Installation ofPressure Relieving Devices in Refineries
API RP 521	Guide for Pressure-relieving and Depressuring systems
API STD 526	Flanged Steel Safety-Relief Valves
API RP 551	Process Measurement Instrumentation
API RP 553	Refinery control valves (1998)
API STD 610	Centrifugal Pumps for Petroleum, Petrochemical, and Natural GasIndustries
API STD 616	Gas Turbines for Refinery Service
API STD 617	Axial and Centrifugal Compressors and Expander compressors
API STD 618	Reciprocating compressors for petroleum, chemical, and gas industry services

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

NOM	NORMA OFICIAL MEXICANA
API STD 650	Welded Steel Tanks for Oil Storage
API STD 661	Air-Cooled Heat Exchanger for Refinery Service
API SPEC 5L	Specification for Line Pipe
API RP 12J	Specification for oil and gas separators
ISO	INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARIZATION
ISO 3183	Petroleum and natural gas industries - Steel pipe for pipeline transportation systems
ISA	INTERNATIONAL SOCIETY OF AUTOMATIZATION
ISA 5.1	Instrumentation Symbols and Identification.
NFPA	NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION
NFPA 54 2009	National Fuel Gas Code
DACG	Disposiciones Administrativas de Carácter General
	Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los lineamientos para la prevención y el control integral de las emisiones de metano del sector hidrocarburos. RES/776/2015, Disposiciones administrativas de carácter general en materia de medición aplicable a la actividad de transporte por ducto de hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos Disposiciones administrativas de carácter general que establecen los lineamientos para la conformación, implementación y autorización de los sistemas de administración de seguridad industrial, seguridad operativa y protección al medio ambiente aplicables a las actividades del sector hidrocarburos.

El diseño y construcción de los ductos y de las estaciones de compresión se realizará cumpliendo con las especificaciones técnicas establecidas en las secciones 7.32 a 7.41 de la norma NOM-007-ASEA-2016. (Se adjunta el dictamen de verificación de diseño en cumplimiento a la mencionada NOM por una Unidad de Verificación autorizada en **Anexo_ER_2. Dictamen UV**).

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

C. Accesos (marítimos y terrestres) del STGN

El **STGN** recorre el estado de Chihuahua desde el municipio de Guadalupe hasta municipio de Pitiquito, Sonora. El acceso principal a la infraestructura son los derechos de vía (DDV) los cuales son conectados por diversos caminos primarios y secundarios, a continuación, se enlista aquellos de relevancia regional.

- Camino de terracería DDV 69+247
- Camino de terracería 81+180
- Carretera Estatal 45 119+270
- Carretera Estatal 139+292
- Camino asfaltado EL Llano- El Progreso 192+810
- Carretera Estatal 202+341
- Federal Peaje Casa Grandes-Buenaventura 244+510.43
- Carretera estatal 4 272+716.00
- Carretera pavimentada 294+427.00
- Carretera municipal Ejido Ignacio Zaragoza 304+200.00
- Carretera Estatal 69 375+891.00
- Camino de terracería 421+715
- Carretera federal Libre 17 472+982.00
- Camino terracería 473+924.00
- Carretera Estatal 89 522+072.00
- Camino de terracería 574+081.00
- Carretera Estatal 54 576+783.00
- Carretera Federal 616+537.00
- Carretera Estatal 3 Puerto Libertad – Calle 36 Norte 799+756.38

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 6. Especificaciones de ducto

Nombre o segmento del ducto	Origen (km)	Destino (km)	Coordenadas UTM				Espesor (mm)	Diámetro (in)	Presión de prueba hidrostática (kg/cm²)	Especificación del ducto	Código de diseño	Presión de diseño, operación máxima (psi)		
			Inicio		Termino							Diseño	Operación	Máxima
			X	Y	X	Y								
MLV-60100-MLV-60101	0+000.00	30+750.00	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.				16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60101-MLV-60102	30+750.00	60+850					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60102-MLV-60103	60+850	91+450					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60103-MLV-10404	91+450	119+000					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-10404-MLV-60205	119+000	151+000					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60205-MLV-60206	151+000	183+000					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60206-MLV-60207	183+000	215+000					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60207-MLV-60208	215+000	246+600					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60208-MLV-20409	246+600	278+000					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-20409-MLV-60310	278+000	304+200					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Nombre o segmento del ducto	Origen (km)	Destino (km)	Coordenadas UTM				Espesor (mm)	Diámetro (in)	Presión de prueba hidrostática (kg/cm²)	Especificación del ducto	Código de diseño	Presión de diseño, operación máxima (psi)		
			Inicio		Termino							Diseño	Operación	Máxima
			X	Y	X	Y								
MLV-60310-MLV-60311	304+200	331+600	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 116 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.				16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60311-MLV-60312	331+600	362+950					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60312-MLV-60313	362+950	390+650					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60313-MLV-60314	390+650	421+750					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60314-MLV-60315	421+750	452+000					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60315-MLV-30416	452+000	472+800					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-30416-MLV-60417	472+800	504+200					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60417-MLV-60418	504+200	536+200					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60418-MLV-60419	536+200	568+200					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60419-MLV-60420	568+200	600+200					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440
MLV-60420-MLV-40421	600+200	632+000					16.23	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1440	1353	1440

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 114 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

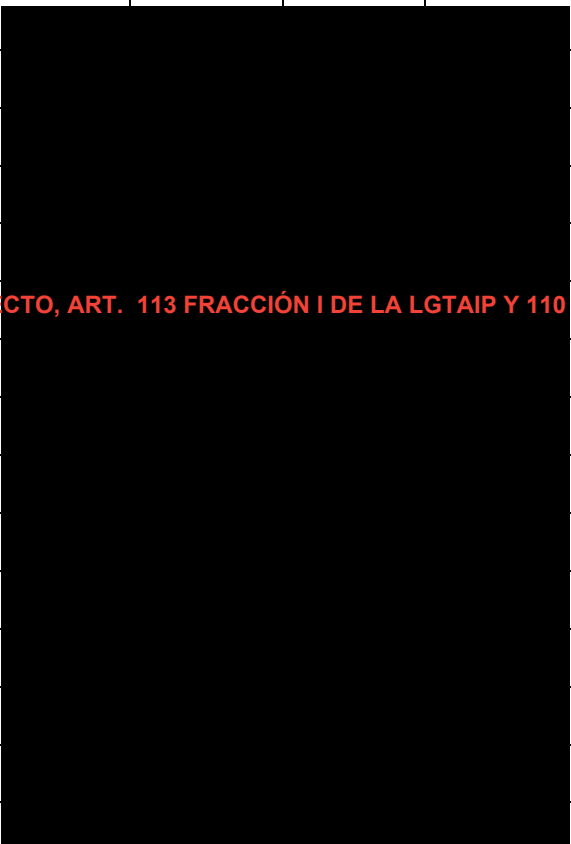
Nombre o segmento del ducto	Origen (km)	Destino (km)	Coordenadas UTM				Espesor (mm)	Diámetro (in)	Presión de prueba hidrostática (kg/cm²)	Especificación del ducto	Código de diseño	Presión de diseño, operación máxima (psi)		
			Inicio		Termino							Diseño	Operación	Máxima
			X	Y	X	Y								
MLV-40421-MLV-60522	632+000	661+100	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.				18.03	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1600	1045	1600
MLV-60522-MLV-60523	661+100	688+650					18.03	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1600	1045	1600
MLV-60523-MLV-60524	688+650	717+300					18.03	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1600	1045	1600
MLV-60524-MLV-60525	717+300	744+200					18.03	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1600	1045	1600
MLV-60525-MLV-60526	744+200	772+350					18.03	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1600	1045	1600
MLV-60526-EMRyC	772+350	800+000.00					18.03	48	60	API 5L PSL2 Grado X-70 M	ASME B31.8	1600	1045	1600

Toda la ruta se ha identificado como Clase 1, de acuerdo con la **NOM-007-ASEA-2016**, debido a la nula presencia de población y de actividades humanas en el sector. Se aplica un factor de diseño de 0.77, teniendo por lo tanto un espesor mínimo de pared de 16.23mm (0.639”).

Para los cruces especiales, de acuerdo con la sección 7.11 de **NOM-007-ASEA-2016**, en la Tabla de cruces “Factor de diseño por densidad de población”, se aplicará el factor de diseño indicado, a menos que el permiso de cruce emitido por la autoridad competente, solicite un factor de diseño menor.

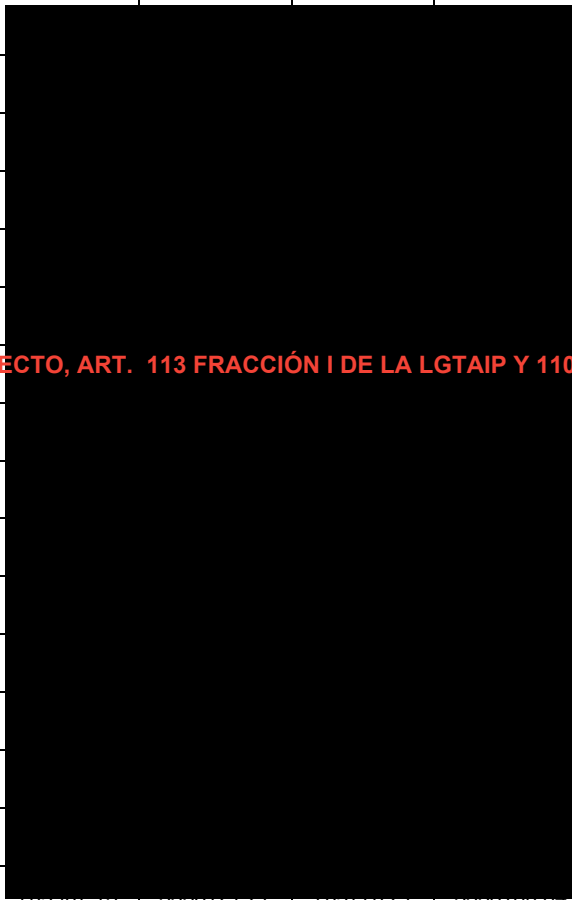
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 7. Clases de localización

Nombre del segmento	Km inicial	Km final	Longitud (m)	Clase de localización	Factor de diseño	Espesor de tubería (pulg/mm)	Coordenadas UTM				Zona
							Inicio		Termino		
							X	Y	X	Y	
Frontera – Puerto Libertad	-0+450	0+000.00	450	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	0+000.00	14+000.00	14000	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	14+000.00	14+200.00	200	1	0.67	18.64 (0.734)					13
Frontera – Puerto Libertad	14+200.00	77+000.00	62800	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	77+000.00	78+000.00	1000	1	0.67	18.64 (0.734)					13
Frontera – Puerto Libertad	78+000.00	118+740.00	40740	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	118+740.00	118+790.00	50	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	118+790.00	118+950.00	160	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	118+950.00	119+050.00	100	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	119+050.00	119+170.00	120	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	119+170.00	119+350.00	180	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	119+350.00	120+200.00	850	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	120+200.00	120+320.00	120	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	120+320.00	120+400.00	80	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	120+400.00	120+600.00	200	4	0.55	22.70 (0.894)					13

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LETAIP.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Nombre del segmento	Km inicial	Km final	Longitud (m)	Clase de localización	Factor de diseño	Espesor de tubería (pulg/mm)	Coordenadas UTM				Zona
							Inicio		Termino		
							X	Y	X	Y	
Frontera – Puerto Libertad	120+600.00	139+565.00	18,965.00	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	139+565.00	139+630.00	65	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	139+630.00	192+795.00	53,165.00	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	192+795.00	192+860.00	65	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	192+860.00	202+250.00	9,390.00	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	202+250.00	202+450.00	200	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	202+450.00	241+860.00	39,410.00	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	241+860.00	241+900.00	40	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	241+900.00	243+540.00	1,640.00	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	243+540.00	244+620.00	1,080.00	4	0.55	22.70 (0.894)					13
Frontera – Puerto Libertad	244+620.00	272+610.00	27,990.00	1	0.77	16.23 (0.639)					13
Frontera – Puerto Libertad	272+610.00	272+850.00	240	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	272+850.00	277+950.00	5,100.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	277+950.00	278+050.00	100	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	278+050.00	294+350.00	16,300.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	294+350.00	294+550.00	200	4	0.55	22.70 (0.894)	788887.10	888811.27	788776.21	888810.84	12

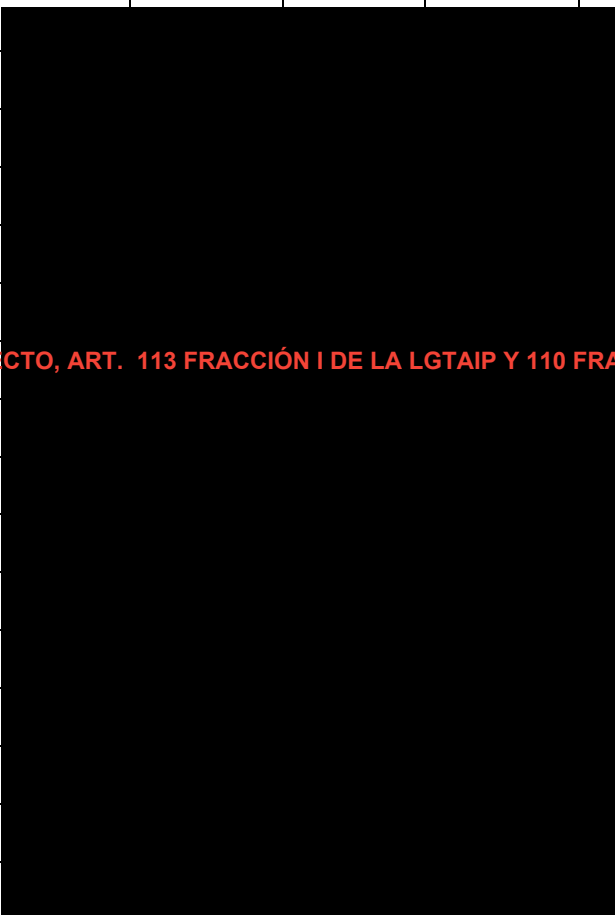
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Nombre del segmento	Km inicial	Km final	Longitud (m)	Clase de localización	Factor de diseño	Espesor de tubería (pulg/mm)	Coordenadas UTM				Zona
							Inicio		Termino		
							X	Y	X	Y	
Frontera – Puerto Libertad	294+550.00	304+100.00	9,550.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	304+100.00	304+300.00	200	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	304+300.00	375+800.00	71,500.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	375+800.00	376+000.00	200	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	376+000.00	419+290.00	43,290.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	419+290.00	419+390.00	100	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	419+390.00	468+000.00	48,610.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	468+000.00	468+430.00	430	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	468+430.00	472+380.00	3,950.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	472+380.00	473+100.00	720	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	473+100.00	473+400.00	300	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	473+400.00	473+600.00	200	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	473+600.00	473+900.00	300	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	473+900.00	473+960.00	60	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	473+960.00	518+750.00	44,790.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	518+750.00	518+920.00	170	4	0.55	22.70 (0.894)					12

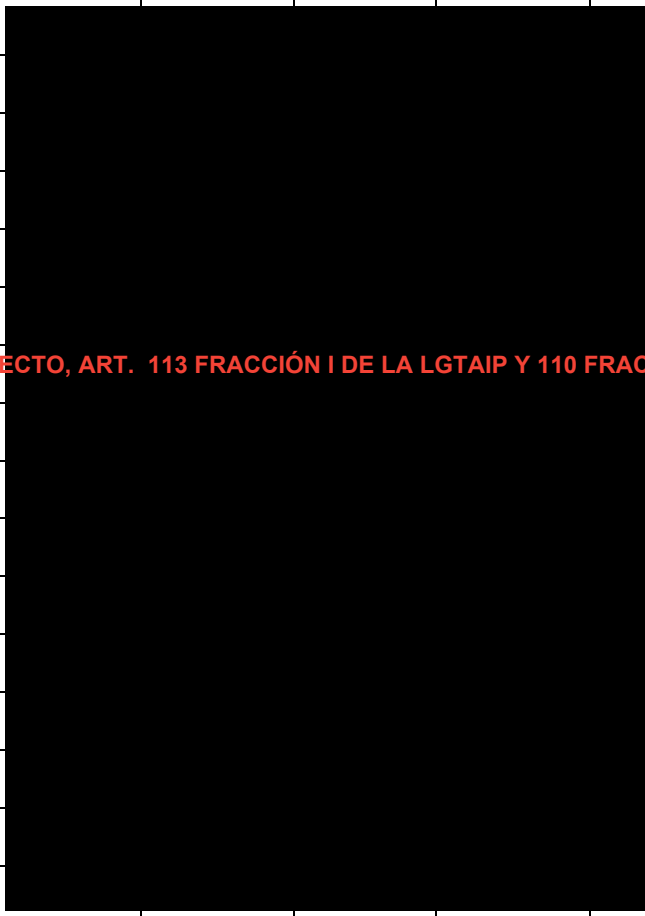
COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Nombre del segmento	Km inicial	Km final	Longitud (m)	Clase de localización	Factor de diseño	Espesor de tubería (pulg/mm)	Coordenadas UTM				Zona	
							Inicio		Termino			
							X	Y	X	Y		
Frontera – Puerto Libertad	518+920.00	521+950.00	3,030.00	1	0.77	16.23 (0.639)						12
Frontera – Puerto Libertad	521+950.00	522+150.00	200	4	0.55	22.70 (0.894)						12
Frontera – Puerto Libertad	522+150.00	572+135.00	49,985.00	1	0.77	16.23 (0.639)						12
Frontera – Puerto Libertad	572+135.00	572+485.00	350	4	0.55	22.70 (0.894)						12
Frontera – Puerto Libertad	572+485.00	574+065.00	1,580.00	1	0.77	16.23 (0.639)						12
Frontera – Puerto Libertad	574+065.00	574+095.00	30	4	0.55	22.70 (0.894)						12
Frontera – Puerto Libertad	574+095.00	574+278.00	183	1	0.77	16.23 (0.639)						12
Frontera – Puerto Libertad	574+278.00	574+317.00	39	4	0.55	22.70 (0.894)						12
Frontera – Puerto Libertad	574+317.00	576+700.00	2,383.00	1	0.77	16.23 (0.639)						12
Frontera – Puerto Libertad	576+700.00	576+900.00	200	4	0.55	22.70 (0.894)						12
Frontera – Puerto Libertad	576+900.00	616+200.00	39,300.00	1	0.77	16.23 (0.639)						12
Frontera – Puerto Libertad	616+200.00	616+310.00	110	4	0.55	22.70 (0.894)						12
Frontera – Puerto Libertad	616+310.00	616+487.00	177	1	0.77	16.23 (0.639)						12
Frontera – Puerto Libertad	616+487.00	616+700.00	213	4	0.55	22.70 (0.894)						12
Frontera – Puerto Libertad	616+700.00	621+613.00	4,913.00	1	0.77	16.23 (0.639)						12
Frontera – Puerto Libertad	621+613.00	621+659.00	46	4	0.55	22.70 (0.894)						12

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Nombre del segmento	Km inicial	Km final	Longitud (m)	Clase de localización	Factor de diseño	Espesor de tubería (pulg/mm)	Coordenadas UTM				Zona
							Inicio		Termino		
							X	Y	X	Y	
Frontera – Puerto Libertad	621+659.00	622+350.00	691	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	622+350.00	622+450.00	100	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	622+450.00	623+950.00	1,500.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	623+950.00	624+150.00	200	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	624+150.00	628+815.00	4,665.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	628+815.00	628+881.00	66	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	628+881.00	631+900.00	3,019.00	1	0.77	16.23 (0.639)					12
Frontera – Puerto Libertad	631+900.00	632+100.00	200	4	0.55	22.70 (0.894)					12
Frontera – Puerto Libertad	632+100.00	657+500.00	25,400.00	1	0.77	18.03 (0.710)					12
Frontera – Puerto Libertad	657+500.00	658+000.00	500	4	0.55	25.22 (0.993)					12
Frontera – Puerto Libertad	658+000.00	661+200.00	3,200.00	1	0.77	18.03 (0.710)					12
Frontera – Puerto Libertad	661+200.00	661+400.00	200	4	0.55	25.22 (0.993)					12
Frontera – Puerto Libertad	661+400.00	720+800.00	59,400.00	1	0.77	18.03 (0.710)					12
Frontera – Puerto Libertad	720+800.00	721+000.00	200	4	0.55	25.22 (0.993)					12
Frontera – Puerto Libertad	721+000.00	780+650.00	59,650.00	1	0.77	18.03 (0.710)					12
Frontera – Puerto Libertad	780+650.00	780+790.00	140	4	0.55	25.22 (0.993)					12

COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Nombre del segmento	Km inicial	Km final	Longitud (m)	Clase de localización	Factor de diseño	Espesor de tubería (pulg/mm)	Coordenadas UTM				Zona
							Inicio		Termino		
							X	Y	X	Y	
Frontera – Puerto Libertad	780+790.00	796+200.00	15,410.00	1	0.77	18.03 (0.710)	COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP.				12
Frontera – Puerto Libertad	796+200.00	796+300.00	100	4	0.55	25.22 (0.993)					12
Frontera – Puerto Libertad	796+300.00	799+650.00	3,350.00	1	0.77	18.03 (0.710)					12
Frontera – Puerto Libertad	799+650.00	799+780.00	130	4	0.55	25.22 (0.993)					12

Tabla 8. Cruzamientos del gasoducto

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-001	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	0+329.09	0+341.04	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-05-S_00.pdf
CR-002	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	7+559.61	7+591.16	0.55	1.5	
CR-003	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	11+458.99	11+499.11	0.55	1.5	
CR-004	CONAGUA	ARROYO LOS FRAILES	14+228.00	14+263.14	0.55	1.5	
CR-005	CONAGUA	ARROYO SAN JOSÉ	17+858.77	17+951.72	0.55	1.5	
CR-006	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	18+173.71	18+208.42	0.55	1.5	
CR-007	CONAGUA	ARROYO LA PARRA	18+612.76	18+639.90	0.55	1.5	
CR-008	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	20+727.12	20+766.15	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-06-S_00.pdf
CR-009	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	21+208.09	21+224.20	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-010	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	37+478.13	37+504.08	0.55	1.5	
CR-011	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	54+472.30	54+491.80	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-07-S_00.pdf
CR-012	CONAGUA	ARROYO EL APACHE	64+119.16	64+148.06	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-08-S_00.pdf
CR-013	MUNICIPIO DE AHUMADA	CAMINO TERRACERIA / DDV	69+439.36	69+469.34	0.55	2.5	
CR-014	CONAGUA	ARROYO EL MIMBRE	69+469.34	69+505.23	0.55	1.5	
CR-015	CONAGUA	ARROYO AGUA ZARCA	77+977.48	77+990.82	0.55	1.5	
CR-016	MUNICIPIO DE AHUMADA	CAMINO TERRACERIA	81+381.80	81+413.65	0.55	2.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-09-S_00.pdf
CR-017	CONAGUA	ARROYO EL TASCATOSO	92+018.32	92+102.94	0.55	1.5	
CR-018	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	93+027.85	93+084.68	0.55	1.5	
CR-019	CONAGUA	ARROYO LA CRUZ	94+576.15	94+605.90	0.55	1.5	
CR-020	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	97+374.07	97+408.76	0.55	1.5	
CR-021	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	98+206.28	98+235.33	0.55	1.5	
CR-022	CONAGUA	ARROYO EL COLORADO	101+317.28	101+391.32	0.55	1.5	
CR-023	CONAGUA	ARROYO LOS CHARCOS	104+384.61	104+429.85	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-10-S_00.pdf
CR-024	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	108+649.91	108+678.88	0.55	1.5	
CR-025	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	113+500.24	113+553.26	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-026	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	114+543.40	114+618.34	0.55	1.5	
CR-027	CENAGAS - FERMACA	GASODUCTO TARAHUMARA FERMACA 20"	119+093.35	119+154.33	0.77	3.0	
CR-028	SCT	VIA DE FFCC FERROMEX LINEA A	119+412.17	119+447.18	0.77	3.0	
CR-029	SCOPCH	CARRETERA ESTATAL 45 (PEAJE) EL SUECO - MIGUEL AHUMADA	119+447.18	119+507.18	0.77	2.5	
CR-030	TELMEX	LÍNEA TELEFONICA	119+507.18	119+527.18	0.55	1.5	
CR-031	CFE	LINEA ELÉCTRICA MOCTEZUMA - AHUMADA 115KV	119+507.18	119+553.07	0.55	1.5	
CR-032	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN SAMALAYUCA SUR- MOCTEZUMA 230 KV	120+710.45	120+758.97	0.55	1.5	
CR-033	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN SAMALAYUCA SUR - MOCTEZUMA 230 KV	120+710.45	120+758.95	0.55	1.5	
CR-034	PEMEX	POLIDUCTO PEMEX TAD-CHIH-TAD CD JUAREZ 12"	120+710.45	120+770.95	0.55	3.0	
CR-035	CFE	CFE L.T. SAMALAYUCA SUR - MOCTEZUMA 230 KV	123+337.61	123+383.50	0.55	1.5	
CR-036	CFE	CFE L.T. SAMALAYUCA SUR - MOCTEZUMA 230 KV	123+337.61	123+383.50	0.55	1.5	
CR-037	CONAGUA	ARROYO EL CARMEN	124+701.19	124+723.21	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-11-S_00.pdf
CR-038	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	127+745.65	127+771.42	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-039	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	128+523.08	128+544.08	0.55	1.5	
CR-040	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	129+185.90	129+243.18	0.55	1.5	
CR-041	SCOPCH	CARRETERA ESTATAL CHIH 19/7 AHUMADA-FLORES MAGÓN	139+765.33	139+826.33	0.77	2.5	
CR-042	CFE	CFE DISTRIBUCION	139+826.33	139+887.22	0.55	1.5	
CR-008-FUT	MUNICIPIO AHUMADA	CRUCE RIO O ARROYO	145+965.31	146+086.16	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-12-S_00.pdf
CR-043	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	143+180.49	143+205.38	0.55	1.5	
CR-044	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	150+531.04	150+559.73	0.55	1.5	
CR-045	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	156+086.39	156+103.95	0.55	1.5	
CR-046	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	161+585.69	161+596.84	0.55	1.5	
CR-047	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	162+327.38	162+347.76	0.55	1.5	
CR-048	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	162+608.80	162+644.15	0.55	1.5	
CR-049	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	163+083.58	163+103.76	0.55	1.5	
CR-050	CONAGUA	ARROYO LAS MINAS	168+982.40	169+001.88	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-13-S_00.pdf
CR-051	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	177+079.13	177+105.02	0.55	1.5	
CR-052	MUNICIPIO DE BUENAVENTURA	CAMINO ASFALTADO EL LLANO - EL PROGRESO	193+035.01	193+055.29	0.55	2.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-14-S_00.pdf

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-053	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	193+055.29	193+069.14	0.55	1.5	
CR-054	CONAGUA	CANAL DE RIEGO	197+166.46	197+210.83	0.55	1.5	
CR-055	CONAGUA	CANAL DE RIEGO	197+742.47	197+788.36	0.55	1.5	
CR-056	SCOPCH	CARRETERA ESTATAL CHIH 141COL. EL VALLE - CERRO BLANCO	202+542.49	202+566.03	0.77	2.5	
CR-057	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	204+673.24	204+702.13	0.55	1.5	
CR-058	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	206+331.54	206+356.99	0.55	1.5	
CR-059	CONAGUA	ARROYO MARAVILLAS	208+235.22	208+309.94	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-15-S_00.pdf
CR-060	CONAGUA	ARROYO LOS ACEBUCHES	213+288.10	213+298.58	0.55	1.5	
CR-061	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	220+333.02	220+373.43	0.55	1.5	
CR-062	CONAGUA	RÍO SANTA MARÍA	228+863.66	228+922.38	0.55	1.5	
CR-063	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN MOCTEZUMA-NUEVO CASAS GRANDES 400KV	242+628.02	242+673.91	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-16-S_00.pdf
CR-064	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	242+830.39	242+853.70	0.55	1.5	
CR-065	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN MOCTEZUMA-NUEVO CASAS GRANDES II 230 KV	243+731.12	243+776.32	0.55	1.5	
CR-066	CFE	LINEA ELÉCTRICA CASAS GRANDES- BENITO JUAREZ 115 KV	244+417.33	244+459.69	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-067	CFE	LINEA ELÉCTRICACASAS GRANDES- BENITO JUAREZ 115 KV	244+417.33	244+462.45	0.55	1.5	
CR-068	SCT	CARRETERA FEDERAL PEAJE 10CASAS GRANDES - BUENAVENTURA	244+693.34	244+736.97	0.55	3.0	
CR-069	CONAGUA	ARROYO PUERTO COLORADO	244+942.57	244+970.19	0.55	1.5	
CR-070	CONAGUA	ARROYO LAS CARBONERAS	247+016.17	247+035.68	0.55	1.5	
CR-071	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	249+390.74	249+405.32	0.55	1.5	
CR-072	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	249+712.70	249+722.59	0.55	1.5	
CR-073	CONAGUA	ARROYOLOS ENCINOS	251+815.87	251+867.87	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00020-17-S_00.pdf
CR-074	CONAGUA	ARROYO LOS MONOS	253+858.91	253+911.01	0.55	1.5	
CR-075	CONAGUA	ARROYO SECO	257+073.83	257+123.62	0.55	1.5	
CR-076	CONAGUA	ARROYO LA CIENTGUITA	261+096.41	261+131.70	0.55	1.5	
CR-077	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	263+088.10	263+126.31	0.55	1.5	
CR-078	CONAGUA	ARROYO LA CAL	266+040.50	266+078.74	0.55	1.5	
CR-079	CONAGUA	ARROYO CAÑON HONDO	270+225.69	270+238.14	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-18-S_00.pdf
CR-080	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	271+059.05	271+071.85	0.55	1.5	
CR-081	CONAGUA	ARROYO PALANGANAS	272+373.93	272+507.61	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-082	SCOPCH	CARRETERA ESTATAL 4CASAS GRANDES - JUAN MATA ORTIZ	272+893.90	272+947.72	0.55	3.0	
CR-082-A	SCT	VIA DE FFCC (Línea en Desuso)	274+524.10	274+554.10	0.55	3.0	
EC-02	FERMACA	CE ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	278+530.67	278+680.67	0.55	3.0	
CR-083-A	MUNICIPIO DE CASAS GRANDES	CARRETERA PAVIMENTADA JUAN MATA - ORTIZ MEZA DEL HURACAN	290+145.89	290+206.78	0.55	2.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-19-S_00.pdf
CR-083	CONAGUA	ARROYO EL HOYO	291+074.95	291+093.40	0.55	1.5	
CR-084	MUNICIPIO DE CASAS GRANDES	CARRETERA PAVIMENTADA JUAN MATA - ORTIZ MEZA DEL HURACAN	294+607.53	294+642.68	0.55	2.5	
CR-085	CONAGUA	ARROYO PIEDRAS VERDES	302+741.70	302+787.59	0.55	1.5	
CR-086	MUNICIPIO DE CASAS GRANDES	CARRETERA MUNICIPAL (EJIDO IGNACIO ZARAGOZA)	304+212.78	304+245.80	0.77	2.5	
CR-087	CONAGUA	ARROYOLA CIÉNEGA	304+915.99	304+930.53	0.55	1.5	
CR-088	CONAGUA	ARROYO EL REPRESITO	314+912.25	314+928.14	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-20-S_00.pdf
CR-089	CONAGUA	ARROYOLA CIENEGA DEL NORTE	317+124.01	317+152.46	0.55	1.5	
CR-090	CONAGUA	ARROYO CAMPO NUEVO	321+172.17	321+201.62	0.55	1.5	
CR-091	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	322+299.78	322+315.67	0.55	1.5	
CR-092	CONAGUA	ARROYO EL CORRAL (LOS AZULES)	323+226.54	323+241.39	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-093	CONAGUA	ARROYO EL CAPULIN	325+324.85	325+343.10	0.55	1.5	
CR-094	CONAGUA	ARROYO EL ORO	328+248.03	328+267.48	0.55	1.5	
CR-095	CONAGUA	ARROYO LA YERBA	329+943.04	329+964.49	0.55	1.5	
CR-096	CONAGUA	ARROYO EL BONITO	331+714.28	331+735.84	0.55	1.5	
CR-097	CONAGUA	ARROYO LA CIENEGA	333+345.89	333+370.78	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-21-S_00.pdf
CR-098	CONAGUA	ARROYO LA PLATEADA	334+458.98	334+481.34	0.55	1.5	
CR-099	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	342+020.65	342+037.54	0.55	1.5	
CR-100	CONAGUA	RIO BAVISPE	353+949.60	354+441.88	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-22-S_00.pdf
CR-101	SCOPCH	CARR. ESTATAL 69 EL COYOTE - HUACHINERA - BACERAC	376+091.43	376+131.88	0.77	3.0	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-23-S_00.pdf
CR-102	CONAGUA	ARROYO LA CALERA	378+001.24	378+030.60	0.55	1.5	
CR-103	CONAGUA	ARROYO HUACHINERA	378+511.03	378+530.88	0.55	1.5	
CR-104	CONAGUA	ARROYO EL NORI	380+281.98	380+296.76	0.55	1.5	
CR-105	CONAGUA	ARROYO EL NORI	385+000.00	385+013.43	0.55	1.5	
CR-106	CONAGUA	ARROYO EL VASO	393+192.30	393+212.10	0.55	1.5	
CR-107	CONAGUA	ARROYO EL ALAMO	398+612.94	398+631.89	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-24-S_00.pdf
CR-108	CONAGUA	ARROYO EL CHINOSO	402+809.45	402+834.28	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-109	CONAGUA	ARROYO EL CHINOSO	405+172.80	405+209.67	0.55	1.5	
CR-110	CONAGUA	ARROYO EL CHINOSO	405+973.85	406+002.83	0.55	1.5	
CR-111	CONAGUA	ARROYO EL BASTO LA JUNTA	411+028.50	411+059.90	0.55	1.5	
CR-112	CONAGUA	ARROYO PERABABI	414+209.11	414+251.61	0.55	1.5	
CR-113	CONAGUA	ARROYO LOS BURROS	417+627.49	417+659.07	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-25-S_00.pdf
CR-114	CONAGUA	RIO BAVISPE	420+617.44	420+960.46	0.55	1.5	
CR-115	CONAGUA	ARROYO LA ANGOSTURA	421+586.72	421+627.17	0.55	1.5	
CR-116	MUNICIPIO DE VILLA HIDALGO	CAMINO TERRACERIAVILLA HIDALGO - NACUZARI	421+921.32	421+950.68	0.55	2.5	
CR-117	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	429+971.75	429+991.60	0.55	1.5	
CR-118	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	433+956.24	433+971.02	0.55	1.5	
CR-119	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	450+770.45	450+783.88	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-26-S_00.pdf
CR-120	CONAGUA	ARROYO LA SAUCEDA	457+459.02	457+478.82	0.55	1.5	
CR-121	CONAGUA	ESCURRIMIENTO	459+791.53	459+816.36	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-27-S_00.pdf
CR-122	CONAGUA	ARROYO LA SAUCEDA	463+619.61	463+656.48	0.55	1.5	
CR-123	CONAGUA	ARROYO EL RAYITO	465+793.43	465+822.41	0.55	1.5	
CR-NR-124	CONAGUA	RIO SAN CRISTOBAL	468+347.55	468+468.42	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-NR-125	CONAGUA	ARROYO EL REPOSO	471+210.65	471+256.60	0.55	1.5	
CR-NR-126	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN NACUZARI - HERMOSILLO	472+520.82	472+566.77	0.55	1.5	
CR-NR-127	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN NACUZARI - HERMOSILLO	472+626.96	472+672.91	0.55	1.5	
CR-NR-128	CONAGUA	ARROYO EL MERCANTIL	473+858.85	473+895.72	0.55	1.5	
CR-NR-129	CFE	CFE DISTRIBUCION	473+858.85	473+858.85	0.55	1.5	
CR-NR-130	TELECOM	TELEGRAFOS	473+858.85	473+858.85	0.55	1.5	
CR-NR-131	SCT	CARRETERA FEDERAL LIBRE 17 MOCTEZUMA - AGUA PRIETA	473+172.59	473+201.02	0.77	2.5	
CR-NR-132	CONAGUA	RIO NACUZARI	473+721.82	473+746.65	0.55	1.5	
CR-NR-133	MUNICIPIO DE CUMPAS	CAMINO TERRACERIA	474+102.42	474+139.29	0.55	2.5	
CR-NR-134	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN	474+102.42	474+131.40	0.55	1.5	
CR-NR-135	CONAGUA	RIO SANTA ROSA	474+898.98	475+093.63	0.55	1.5	
CR-NR-136	CONAGUA	ARROYO LA CIENEGUITA	484+302.09	484+326.92	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-28-S_00.pdf
CR-NR-137	CONAGUA	ARROYO RINCONCITO DE OSUNA	490+842.52	490+879.39	0.55	1.5	
CR-NR-138	CONAGUA	ARROYO LA PALMA	492+692.32	492+721.30	0.55	1.5	
CR-NR-139	CONAGUA	ARROYO LAS CRUCES	493+665.90	493+690.73	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-NR-140	CONAGUA	ARROYO LAS CRUCES	503+360.12	503+396.99	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-29-S_00.pdf
CR-NR-141	CONAGUA	ARROYO EL CHAMIZAL	505+240.80	505+269.78	0.55	1.5	
CR-NR-142	CONAGUA	ARROYO EL GACHI	509+445.76	509+470.59	0.55	1.5	
CR-NR-143	CONAGUA	ARROYO LAS MINITAS	511+225.70	511+262.57	0.55	1.5	
CR-NR-144	CONAGUA	ARROYO CHUPADERO	513+615.52	513+644.50	0.55	1.5	
CR-NR-145	CONAGUA	ARROYO GUARISIVACHI	518+366.64	518+366.64	0.55	1.5	
CR-NR-146	CONAGUA	RIO SONORA	518+978.81	519+217.72	0.55	1.5	
CR-NR-147	TELECOM	TELEGRAFOS	519+217.72	519+246.70	0.55	1.5	
CR-NR-148	CONAGUA	ARROYO AGUA CALIENTE	519+997.21	520+034.19	0.55	1.5	
CR-NR-149	CFE	LINEA DE TRANSMISIÓN "H"	521+947.87	521+993.85	0.55	1.5	
CR-NR-150	JCES	CARR ESTATAL 89 MAZOCAHUI - ARIZPE - CANANEA	522+269.20	522+350.16	0.77	3.0	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-30-S_00.pdf
CR-NR-151	CONAGUA	ARROYO EL TORO MUERTO	525+035.57	525+072.46	0.55	1.5	
CR-NR-152	CONAGUA	ARROYO EL VALLE	538+542.34	538+585.14	0.55	1.5	
CR-NR-153	CONAGUA	ARROYO EL TENAMASTE	541+356.25	541+380.14	0.55	1.5	
CR-NR-154	CONAGUA	ARROYO LA PALMITA	542+075.51	542+104.49	0.55	1.5	
CR-NR-155	CONAGUA	ARROYO EL KLODAIKE	548+946.38	548+983.36	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-31-S_00.pdf

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-NR-156	CONAGUA	ARROYO EL ZACATE	553+130.21	553+176.19	0.55	1.5	
CR-NR-157	CONAGUA	ARROYO LA JARRITA	555+753.27	555+803.12	0.55	1.5	
CR-NR-158	CONAGUA	ARROYO EL VALLE	558+353.02	558+392.19	0.55	1.5	
CR-NR-159	CONAGUA	ARROYO EL ALAMO	559+353.02	559+382.00	0.55	1.5	
CR-NR-160	CONAGUA	ARROYO EL PARAJE	563+056.44	563+093.42	0.55	1.5	
CR-NR-161	CONAGUA	ARROYO EL BAJIO	567+079.41	567+125.39	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-32-S_00.pdf
CR-NR-162	CONAGUA	ARROYO LA PALMA	568+958.08	569+007.93	0.55	1.5	
CR-NR-163	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	572+373.02	572+412.19	0.55	1.5	
CR-NR-164	CONAGUA	RIO SARACACHI	572+625.67	572+686.30	0.55	1.5	
CR-NR-165	MUNICIPIO DE CUCURPE	CAMINO TERRACERIA	574+290.87	574+311.23	0.55	1.5	
CR-NR-166	CFE	LINEA DE TRANSMISION	574+290.87	574+336.76	0.55	1.5	
CR-NR-167	CONAGUA	RIO SAN MIGUEL DE HORCASITAS	574+478.95	574+508.50	0.55	1.5	
CR-NR-168	JCES	CARRETERA ESTATAL 54 MAGDALENA-CUCURPE-SINOQUIPE	576+972.29	576+999.46	0.77	3.0	
CR-NR-169	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	592+253.12	592+299.10	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-33-S_00.pdf
CR-NR-170	CONAGUA	ARROYO EL AGUAJE	601+773.61	601+823.46	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-NR-171	CONAGUA	ARROYO LA PLANCHA	603+185.34	603+224.51	0.55	1.5	
CR-NR-172	CONAGUA	ARROYO LA PLANCHA	604+323.42	604+352.40	0.55	1.5	
CR-NR-173	CONAGUA	ARROYO EL INJERTO	610+255.04	610+292.02	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-34-S_00.pdf
CR-NR-174	CONAGUA	ARROYO EL INJERTO	611+042.62	611+088.60	0.55	1.5	
CR-NR-175	CONAGUA	ARROYO LAS CALERAS	615+716.54	615+766.39	0.55	1.5	
CR-NR-176	CENAGAS	GASODUCTO NACO HERMOSILLO	616+393.54	616+422.52	0.55	3.0	
CR-NR-177	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN HERMOSILLO SANTA ANA 230KV	616+537.19	616+586.15	0.55	1.5	
CR-NR-178	SCT	CARRETERA FEDERAL PEAJE 15 HERMOSILLO-NOGALES	616+696.01	616+785.95	0.77	1.5	
CR-NR-179	TELMEX	LÍNEA TELEFONICA	616+785.95	616+831.90	0.55	1.5	
CR-NR-180	CFE	CFE DISTRIBUCION	616+785.95	616+822.93	0.55	1.5	
CR-NR-181	TELECOM	TELEGRAFOS	616+860.88	616+886.77	0.55	1.5	
CR-NR-182	SCT	FERROMEX LINEA T	616+860.88	616+881.22	0.55	3.0	
CR-NR-183	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN SANTA ANA - PUERTO LIBERTAD 230 KV	621+838.15	621+883.93	0.55	1.5	
CR-NR-184	JCES	CARRETERA ESTATAL 52SANTA ANA - EL CLARO	622+202.04	622+233.44	0.77	2.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

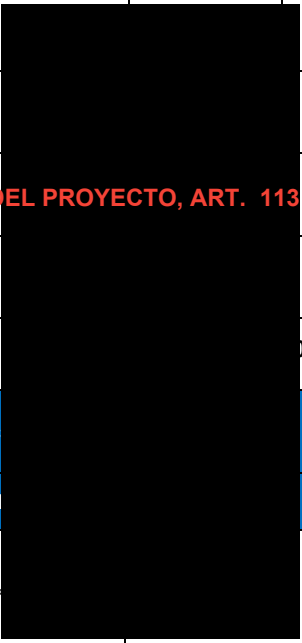
Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-NR-185	CFE	CFE DISTRIBUCION	622+638.43	622+748.43	0.55	1.5	
CR-NR-186	CONAGUA	RIO MAGDALENA	623+056.65	623+738.07	0.55	1.5	
CR-NR-187	CONAGUA	CANAL DE RIEGO	623+850.74	623+911.63	0.55	1.5	
CR-NR-188	CONAGUA	ARROYO EL CARRICITO	627+160.94	627+197.39	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-35-S_00.pdf
CR-NR-189	CONAGUA	RIO EL COYOTILLO	629+050.60	629+500.60	0.55	1.5	
CR-NR-190	CONAGUA	ARROYO EL JANO	632+551.27	632+590.92	0.55	1.5	
CR-NR-191	CONAGUA	ARROYOLOS GORRIONES	634+187.47	634+236.45	0.55	1.5	
CR-NR-192	CONAGUA	RIO MAGDALENA	657+761.24	658+140.93	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-36-S_00.pdf
CR-NR-193	CFE	CFE DISTRIBUCION	659+552.78	659+601.76	0.55	1.5	
CR-NR-194	CONAGUA	ARROYO LOS CHINOS	661+259.19	661+308.17	0.55	1.5	
CR-NR-195	SCT	VIA FFCC FERROMEX PASCUALITOS-BENJAMIN HILL	661+470.65	661+509.86	0.77	3.0	
CR-NR-196	TELMEX	LÍNEA TELEFONICA	661+509.86	661+569.86	0.55	1.5	
CR-NR-197	CONAGUA	ARROYO EL SOTOL	663+845.76	663+885.41	0.55	1.5	
CR-NR-198	CONAGUA	ARROYO EL SOTOL	665+609.22	665+658.20	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-37-S_00.pdf
CR-NR-199	CONAGUA	ARROYO LA SIERRITA	672+741.86	672+781.42	0.55	1.5	
CR-NR-200	CONAGUA	ARROYO LAS PALOMAS	674+752.41	674+793.99	0.55	1.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Número de cruzamiento	Nombre Propietario y/o Dependencia	Dirección del Propietario y/o Tipo de Cruce	Cadenamiento Entrada	Cadenamiento Salida	Espesor del ducto	Profundidad o elevación (m)	Clave del plano ANEXO_ER_01_ Trayectoria planta y perfil
CR-NR-201	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN SANTA ANA - PUERTO LIBERTAD 230 KV	691+038.93	691+084.91	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-38-S_00.pdf
CR-NR-202	CONAGUA	ARROYO EL BAMURI	721+074.24	721+140.93	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-39-S_00.pdf
CR-NR-203	CONAGUA	ARROYO EL DATIL	744+444.68	744+484.24	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-40-S_00.pdf
CR-NR-204	CONAGUA	CRUCE RIO O ARROYO	755+370.34	755+411.92	0.55	1.5	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-41-S_00.pdf
CR-NR-205	CONAGUA	ARROYO EL DATIL	766+088.54	766+134.52	0.55	1.5	
CR-NR-206	CENAGAS - GASODUCTO DE AGU	GASODUCTO SASABE- GUAYMASGASODUCTOS DE AGUA PRIETA	781+072.99	781+112.55	0.77	3.0	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-42-S_00.pdf
CR-NR-207	CENAGAS - GASODUCTO DE AGU	GASODUCTO SASABE-GUAYMAS (RAMAL)GASODUCTOS DE AGUA PRIETA	796+240.00	796+281.58	0.77	3.0	SM-0600-WOR-CV-DWG-00022-43-S_00.pdf
CR-NR-208	CFE	LINEA ELÉCTRICA TRANSMISIÓN HERMOSILLO CC - PUERTO LIBERTAD 230 KV	799+651.47	799+697.45	0.55	1.5	
CR-NR-209	JCES	CARRETERA ESTATAL 3PUERTO LIBERTAD - CALLE 36 NORTE	799+763.17	799+798.05	0.77	2.5	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 9. Instalaciones superficiales Estaciones de Compresión CS

Descripción	Nombre	Ubicación Coordenadas UTM R13			Presión de entrada de diseño y operación (kg/cm²)			Presión de salida de diseño y operación (kg/cm²)			Flujo de diseño y operación MMPCSD		
		Km	X	Y	Mínima	Normal	Máxima	Mínima	Normal	Máxima	Mínima	Normal	Máxima
Estación de Compresión CS1	Estación Villa Ahumada	0+450			50.03	80.50	101.24	50.03	80.50	101.24	400	850	880
Estación de Compresión CS2	Estación Mata Ortiz	119+000			58.35	81.76	101.24	57.65	101.24	111.36	400	825	950
Estación de Compresión CS3	Estación Cuernavaca	278+000			52.35	71.88	101.24	51.65	101.24	111.36	400	825	950
Estación de Compresión CS4	Estación Santa Ana	472+800			52.35	90.71	101.24	90.71	112.49	123.74	880	1104	2835

0. Instalaciones superficiales EMRyC

Descripción	Nombre	Ubicación		Presión de entrada de diseño y operación (kg/cm²)			Presión de salida de diseño y operación (kg/cm²)			Flujo de diseño y operación MMPCSD		
		Km	X	Mínima	Normal	Máxima	Mínima	Normal	Máxima	Mínima	Normal	Máxima
Estación de Regulación, Medición y Control	Puerto Libertad	800+000	29	90.71	112.49	123.74	50.03	80.50	101.24	440	710	880

Tabla 11. Instalaciones superficiales trampa de diablos y válvulas de seccionamiento

Descripción	Nombre	Ubicación km	Diámetro (in)	Presión normal de operación (psi)	Tipo de especificación	Sistema de control
Trampa de envío y/o recibo de diablos	Estación Villa Ahumada CS1	0+450	48	1353	NA	Automática (SCADA)

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Descripción	Nombre	Ubicación km	Diámetro (in)	Presión normal de operación (psi)	Tipo de especificación	Sistema de control
Trampa de envío y/o recibo de diablos	Estación Santa Ana CS4	472+800	48	1353	NA	Automática (SCADA)
Trampa de envío y/o recibo de diablos	EMRyC Puerto Libertad	800+000	48	1353	NA	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60100	0+000	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60101	30+750	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60102	60+850	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60103	91+450	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-10404*	119+000	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60205	151+000	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60206	183+000	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60207	215+000	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60208	246+600	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-20409*	278+000	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60310	304+200	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60311	331+600	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60312	362+950	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60313	390+650	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60314	421+750	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)
Válvula de seccionamiento	MLV-60315	452+000	48	1353	Compuerta	Automática (SCADA)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Descripción	Nombre	Ubicación km	Diámetro (in)	Presión normal de operación (psi)	Tipo de especificación	Sistema de control
Válvula de seccionamiento	MLV-30416*	472+800	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)
MLV-60417	MLV-60417	504+200	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)
MLV-60418	MLV-60418	536+200	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)
MLV-60419	MLV-60419	568+200	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)
MLV-60420	MLV-60420	600+200	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)
MLV-40421*	MLV-40421*	632+000	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)
MLV-60522	MLV-60522	661+100	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)
MLV-60523	MLV-60523	688+650	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)
MLV-60524	MLV-60524	717+300	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)
MLV-60525	MLV-60525	744+200	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)
MLV-60526	MLV-60526	772+350	48	1045	Compuerta	Automática (SCADA)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 12. Lista de equipo de proceso de la CS1

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
SISTEMA DE FILTRACIÓN DE GAS NATURAL														
1	FS-GN-1001	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00001-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	4648 (674.19) /4619 (670.00) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
2	FS-GN-1002	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00001-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	4648 (674.19) /4619 (670.00) /7895	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
3	FS-GN-1003	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00001-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	(1145.1) /4907 (711.63) /7895	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
4	FS-GN-1004	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0100WOR-PR-PID-00001-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	(1145.1) /4907 (711.63) /7895	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
5	FS-GN-1005	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00001-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	(1145.1) /4907 (711.63) /7895	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
6	FS-GN-1006	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00001-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	(1145.1) /4907 (711.63) /7895	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
7	FS-GN-1007	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00001-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	(1145.1) /4907 (711.63) /4648	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
SISTEMA DE MEDICIÓN Y RGULACIÓN														
8	RS-GN-1001/2	PATÍN DE CONTROL DE FLUJO	PAQUETE DE REGULACIÓ N	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00002-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	845 MMPCSD POR TREN	N/A	N/A	(674.19) /4620 (670) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	API 5L X70 NOTA 2, 7
9	MS-GN-	PATÍN DE	PAQUETE DE	1	SM-0100-WOR-PR-	ESTACIÓN DE	423 MMPCD	N/A	N/A	4648 (674.19)	49 (120) / 10	9928 (1440)	55 (131)	API 5L X70 NOTA 2, 7

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	1001/2/3	MEDICIÓN	MEDICIÓN		PID-00002-02-S	COMPRESIÓN 1	POR TREN			/4620 (670) /	(50)			
10	MS-GN-1004/5/6/7/8	PATÍN DE MEDICIÓN	PAQUETE DE MEDICIÓN	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00002-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	671 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) /4907 (711.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	API 5L X70 NOTA 2, 7
SISTEMA DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL														
11	TC-GN-1001	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00003-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz	9928 (1440) /4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2 NOTA 2, 7
12	TC-GN-1002	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00003-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz3 F, 60 Hz	9928 (1440) /4827 (700.14) /9928		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
13	TC-GN-1003	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00003-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	950 MMPCSD	45,100 (33,700)		(1440) /4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
14	TC-GN-1004	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00003-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz	9928 (1440) /4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS NATURAL														
15	EC-GN-1001A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00003-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	950 MMPCSD	32286 (24,078)		9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	ALETAS: ALUMINIO. CABEZALES: SA-516-70N. TUBOS SA-179. BASTIDOR: SA-36. BRIDAS: SA-350
16	EC-GN-1002A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00003-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	950 MMPCSD	32286 (24,078)		9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	ALETAS: ALUMINIO. CABEZALES: SA-516-70N. TUBOS SA-179. BASTIDOR: SA-36.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
														BRIDAS: SA-350
17	EC-GN-1003A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00003-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	950 MMPCSD	32286 (24,078)		9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	ALETAS: ALUMINIO. CABEZALES: SA-516-70N. TUBOS SA-179. BASTIDOR: SA-36. BRIDAS: SA-350
18	EC-GN-1004A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00003-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	950 MMPCSD	32286 (24,078)		9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	ALETAS: ALUMINIO. CABEZALES: SA-516-70N. TUBOS SA-179. BASTIDOR: SA-36. BRIDAS: SA-350
TRAMPA DE DIABLOS														
19	PR-GN-1001	TRAMPA DE RECIBO DE DIABLOS	TRAMPA DE RECIBO	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00004-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	N/A	N/A	N/A	7895 (1145.1) /4907 (711.63)	49 (120)	9928 (1440)	55 (131)	API 5L X70
20	PL-GN-1002	TRAMPA DE ENVÍO DE DIABLOS	TRAMPA DE ENVÍO	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00004-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	N/A	N/A	N/A	9928 (1440) /4907 (711.63)	9 (120)	9928 (1440)	55 (131)	API 5L X70
SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO														
21	PK-PA-1041	PAQUETE AIRE COMPRIMIDO		1										
	FS-IA-1041A	PREFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	FS-IA-1041B	POSTFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125) /	42 (108) / (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	FS-IA-1042A	PREFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	FS-IA-1042B	POSTFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125) /	42 (108) 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	K-PA-1041	COMPRESOR DE AIRE	COMPRESOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	500 Nm³/h	150 (112)	460 V/3 F/60HZ	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4) NOTA 7	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	K-PA-1042	COMPRESOR DE AIRE	COMPRESOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	500 Nm³/h	150 (112)	460 V/3 F/60HZ	862 (125) /	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	PK-IA-1041	PAQUETE DE SECADORA DE AIRE	EQUIPO PAQUETE	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	500 Nm³/h	N/A	230-460 V/3 F/60HZ	862 (125) /	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	PK-IA-1042	PAQUETE DE SECADORA DE AIRE	EQUIPO PAQUETE	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	500 Nm³/h	N/A	230-460 V/3 F/60HZ	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	R-IA-1041	RECIPIENTE ACUMULADOR AIRE DE PLANTA	RECIPIENTE	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	9 m³ (318 ft3)	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	ACERO AL CARBÓN
SISTEMA DE CONDENSADOS														
22	P-CD-10601A	BOMBA DE CONDENSADOS	BOMBA	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	4.54 m3/h (20GPM)	1 (0.75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ. NOTA 7	249 (50) / 249 (36)	AMB	690(100)	55 (131)	TIPO: BOMBA CENTRÍFUGA CON SELLO MECÁNICO
23	P-CD-10601B	BOMBA DE CONDENSADOS	BOMBA	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	4.54 m3/h (20GPM)	1 (0.75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	249 (50) / 249 (36)	AMB	690(100)	55 (131)	TIPO: BOMBA CENTRÍFUGA CON

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
														SELLO MECÁNICO
24	R-CD-2001	DIQUE	CONTENEDOR DE CONCRETO A DESNIVEL	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	42.4 m3 (1497 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	1034 (150)	55 (131)	DIQUE A DESNIVEL
DRENAJE ACEITOSO														
25	P-OD-10701A	BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	BOMBA	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	4.5 m3/h (20 GPM)	1 (0,75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	690 (100) / 249 (36)	AMB	1034(150)	55 (131)	TIPO: NEUMÁTICA. PRES. MIN. AIRE: 100 pig
26	P-OD-10701B	BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	BOMBA	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	4.5 m3/h (20 GPM)	1 (0,75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	690 (100) / 249 (36)	AMB	1034(150)	55 (131)	TIPO: NEUMÁTICA. PRES. MIN. AIRE: 100 pig
27	SU-OD-10701	CÁRCAMO SECO	CÁRCAMO	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	91 m3 (3213 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	ATM	AMB	
28	R-OD-10701	RECIPIENTE DE DRENAJE ACEITOSO	RECIPIENTE	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	4.9 m3 (173 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	345 (50)	60 (140)	
SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA DE SERVICIO														
29	FS-SW-1001	FILTROS PARA LAVAOJOS Y REGADERAS	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	5 m3/h (22 GPM)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: LECHO PROFUNDO DÚPLEX
30	FS-SW-1002	FILTROS PARA LAVAOJOS Y REGADERAS	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	5 m3/h (22 GPM)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: LECHO PROFUNDO DÚPLEX
31	PK-SW-1081	PAQUETE HIDRONEUMÁTICO												

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	P-SW-10801	BOMBA PARA AGUA DE SERVICIO	BOMBA	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	10 m3/h (44 GPM)	1.5 (1.125) NOTA 7	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
	P-SW-10802	BOMBA PARA AGUA DE SERVICIO	BOMBA	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	10 m3/h (44 GPM)	1.5 (1.125) NOTA 7	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
	R-SW-10801	TANQUE HIDRONEUMÁTICO	RECIPIENTE	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	1.7 m3 (60 ft3)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	SE PERMITE EL USO DE TANQUE HIDRONEUMÁTICO DE ALGÚN MATERIAL POLIMÉRICO
32	T-SW-10801	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE SERVICIO	TANQUE ATMOSFÉRICO	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	10 m3 (353 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	ATM	75 (167)	
SISTEMA DE VENDEO Y RECUPERAIÓN DE GAS														
33	PK-V-1001	PAQUETE DE RECUPERACIÓN DE GAS DE VENDEOS	EQUIPO PAQUETE	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00005-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	0.5 A 4.14 MMPCSD	100 HP		9928 (1440) / 4620 (670)	49 (102,2) /	9928 (1440)	130 (266)	
34	R-V-10921	TANQUE DE GAS DE VENDEOS	RECIPIENTE	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00005-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	1.9 m3 (66.4 ft3)	N/A	N/A	9928 (1440) / 4620 (670)	49 (102,2) /	9929 (1440)	130 (266)	
35	VC-V-1001	COLUMNA DE VENDEO	COLUMNA DE VENDEO	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00005-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1		N/A	N/A	862 (125)	30 (86)	1034 (150)	55 (131)	CÓDIGO DE DISEÑO: API 521. LA ALTURA FINAL DE LA COLUMNA SE DETERMINARÁ CON EL ANÁLISIS DE DISPERSIÓN DURANTE LA INGENIERÍA DE

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
														DETALLE.
SISTEMA DE GENERADORES ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA														
36	GE-FG-1101	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
37	GE-FG-1102	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
38	GE-FG-1103	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
39	GE-FG-1104	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
40	GE-DS-1105	GENERADOR ELÉCTRICO A DIÉSEL	GENERADOR ELÉCTRICO	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1106 (825)	N/A					ACERO AL CARBÓN
41	PK-FG-1005	PAQUETE DE ACONDICIONAMIE NTO DE GAS COMBUSTIBLE PARA GENERADORES	EQUIPO PAQUETE	4		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	444 Nm3/h		230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	9329 (1353) / 7040 (1021.5) /	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	ACERO AL CARBÓN
	CS1-BR-01	BANCO AUTOMÁTICO DE CARGA	EQUIPO PAQUETE	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1								
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
42	PK-FG-1001	PAQUETE DE ACONDICIONAMIE NTO DE GAS	EQUIPO PAQUETE	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	CERO AL CARBÓN

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
		COMBUSTIBLE												
	FS-FG-1071A	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR / SEPARATOR FILTER	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1				7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-1072A	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR / SEPARATOR FILTER	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1				7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-1071A	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR / HEATER	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-1072A	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR / HEATER	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
43	PK-FG-1002	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-1071B	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-1072B	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	HE-FG-1071B	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1				8159 (1183.4) /4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-1072B	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
44	PK-FG-1003	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-1071C	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-1072C	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-1071C	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-1072C	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
45	PK-FG-1004	PAQUETE DE ACONDICIONAMI	EQUIPO	1		ESTACIÓN DE	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) /	49 (120) / 10	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
		ENTO DE GAS COMBUSTIBLE	PAQUETE			COMPRESIÓN 1				4620 (670)	(50)			
	FS-FG-1071D	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-1072D	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-1071D	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-1072D	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1		ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 1				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	

Tabla 13. Lista de equipo de proceso de la CS2

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
SISTEMA DE FILTRACIÓN DE GAS NATURAL														
1	FS-GN-2001	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00001-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
2	FS-GN-2002	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00001-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
3	FS-GN-2003	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00001-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
4	FS-GN-2004	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00001-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
5	FS-GN-2005	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00001-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
6	FS-GN-2006	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00001-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
7	FS-GN-2007	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00001-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
SISTEMA DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL														
8	TC-GN-2001	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00003-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz	9928 (1440) / 4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
9	TC-GN-2002	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00003-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz3 F, 60 Hz	9928 (1440) / 4827 (700.14) / 9928		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
10	TC-GN-2003	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00003-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	950 MMPCSD	45,100 (33,700)		(1440) / 4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
11	TC-GN-2004	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00003-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz	9928 (1440) / 4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS NATURAL														
12	EC-GN-2001A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00003-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	950 MMPCSD			9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
13	EC-GN-2002A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00003-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	950 MMPCSD			9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
14	EC-GN-2003A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00003-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	950 MMPCSD			9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
15	EC-GN-2004A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00003-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	950 MMPCSD			9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO														
16	PK-PA-2041	PAQUETE AIRE COMPRIMIDO		1	-									
	FS-IA-2041A	PREFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	FS-IA-2041B	POSTFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125) /	42 (108) / (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	FS-IA-2042A	PREFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) /3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	FS-IA-2042B	POSTFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125) /	42 (108) 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	K-PA-2041	COMPRESOR DE AIRE	COMPRESOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	500 Nm³/h	150 (112)	460 V/3 F/60HZ	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4) NOTA 7	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	K-PA-2042	COMPRESOR DE AIRE	COMPRESOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	500 Nm³/h	150 (112)	460 V/3 F/60HZ	862 (125) /	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	PK-IA-2041	PAQUETE DE SECADORA DE AIRE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	500 Nm³/h	N/A	230-460 V/3 F/60HZ	862 (125) /	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	PK-IA-2042	PAQUETE DE SECADORA DE AIRE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	500 Nm³/h	N/A	230-460 V/3 F/60HZ	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	R-IA-2041	RECIPIENTE ACUMULADOR AIRE DE PLANTA	RECIPIENTE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	9 m³ (318 ft3)	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	ACERO AL CARBÓN
SISTEMA DE CONDENSADOS														
22	P-CD-20601A	BOMBA DE CONDENSADOS	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	4.54 m3/h (20GPM)	1 (0.75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ. NOTA 7	249 (50) / 249 (36)	AMB	690(100)	55 (131)	TIPO: BOMBA CENTRÍFUGA CON SELLO MECÁNICO
23	P-CD-20601B	BOMBA DE CONDENSADOS	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	4.54 m3/h (20GPM)	1 (0.75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	249 (50) / 249 (36)	AMB	690(100)	55 (131)	TIPO: BOMBA CENTRÍFUGA CON SELLO MECÁNICO
24	R-CD-2001	DIQUE	CONTENEDOR DE CONCRETO A DESNIVEL	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	42.4 m3 (1497 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	1034 (150)	55 (131)	DIQUE A DESNIVEL

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
DRENAJE ACEITOSO														
25	P-OD-20701A	BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	4.5 m3/h (20 GPM)	1 (0,75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	690 (100) / 249 (36)	AMB	1034(150)	55 (131)	TIPO: NEUMÁTICA. PRES. MIN. AIRE: 100 pig
26	P-OD-20701B	BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	4.5 m3/h (20 GPM)	1 (0,75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	690 (100) / 249 (36)	AMB	1034(150)	55 (131)	TIPO: NEUMÁTICA. PRES. MIN. AIRE: 100 pig
27	SU-OD-20701	CÁRCAMO SECO	CÁRCAMO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	91 m3 (3213 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	ATM	AMB	
28	R-OD-20701	RECIPIENTE DE DRENAJE ACEITOSO	RECIPIENTE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	4.9 m3 (173 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	345 (50)	60 (140)	
SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA DE SERVICIO														
29	FS-SW-2001	FILTROS PARA LAVAOJOS Y REGADERAS	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	5 m3/h (22 GPM)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: LECHO PROFUNDO DÚPLEX
30	FS-SW-2002	FILTROS PARA LAVAOJOS Y REGADERAS	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	5 m3/h (22 GPM)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: LECHO PROFUNDO DÚPLEX
31	PK-SW-2081	PAQUETE HIDRONEUMÁTICO			-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2								
	P-SW-20801	BOMBA PARA AGUA DE SERVICIO	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	10 m3/h (44 GPM)	1.5 (1.125) NOTA 7	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
	P-SW-	BOMBA PARA AGUA DE	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE	10 m3/h (44	1.5 (1.125)	230-460 V/ 3 F /	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: CENTRÍFUGA

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	20802	SERVICIO				COMPRESIÓN 2	GPM)	NOTA 7	60 HZ.					HORIZONTAL
	R-SW-20801	TANQUE HIDRONEUMÁTICO	RECIPIENTE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	1.7 m3 (60 ft3)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	SE PERMITE EL USO DE TANQUE HIDRONEUMÁTICO DE ALGÚN MATERIAL POLIMÉRICO
32	T-SW-20801	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE SERVICIO	TANQUE ATMOSFÉRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	10 m3 (353 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	ATM	75 (167)	
SISTEMA DE VENDEO Y RECUPERAIÓN DE GAS														
33	PK-V-2001	PAQUETE DE RECUPERACIÓN DE GAS DE VENDEOS	EQUIPO PAQUETE	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00005-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	0.5 A 4.14 MMPCSD	100 HP		9928 (1440) / 4620 (670)	49 (102,2) /	9928 (1440)	130 (266)	
34	R-V-20921	TANQUE DE GAS DE VENDEOS	RECIPIENTE	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00005-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	1.9 m3 (66.4 ft3)	N/A	N/A	9928 (1440) / 4620 (670)	49 (102,2) /	9929 (1440)	130 (266)	
35	VC-V-2001	COLUMNA DE VENDEO	COLUMNA DE VENDEO	1	SM-0200-WOR-PR-PID-00005-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2		N/A	N/A	862 (125)	30 (86)	1034 (150)	55 (131)	CÓDIGO DE DISEÑO: API 521. LA ALTURA FINAL DE LA COLUMNA SE DETERMINARÁ CON EL ANÁLISIS DE DISPERSIÓN DURANTE LA INGENIERÍA DE DETALLE.
SISTEMA DE GENERADORES ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA														
36	GE-FG-2101	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
37	GE-FG-2102	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
38	GE-FG-2103	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
39	GE-FG-2104	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
40	GE-DS-2105	GENERADOR ELÉCTRICO A DIÉSEL	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1106 (825)	N/A					ACERO AL CARBÓN
41	PK-FG-2005	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE PARA GENERADORES	EQUIPO PAQUETE	4	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	444 Nm3/h		230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	9329 (1353) / 7040 (1021.5) /	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	ACERO AL CARBÓN
	CS1-BR-01	BANCO AUTOMÁTICO DE CARGA	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2								
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
42	PK-FG-2001	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-2071A	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR / SEPARATOR FILTER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2				7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	FS-FG-2072A	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR / SEPARATOR FILTER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2				7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-2071A	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR / HEATER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-2072A	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR / HEATER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
43	PK-FG-2002	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-2071B	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-2072B	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-2071B	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2				8159 (1183.4) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-2072B	CALENTADOR ELÉCTRICO DE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2				7895 (1145.1) /	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
		GAS COMBUSTIBLE								4620 (670)				
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
44	PK-FG-2003	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-2071C	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-2072C	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-2071C	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-2072C	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
45	PK-FG-2004	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-2071D	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	FS-FG-1072D	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-2071D	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-2072D	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 2				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	

Tabla 14. Lista de equipo de proceso de la CS3

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
SISTEMA DE FILTRACIÓN DE GAS NATURAL														
1	FS-GN 3001	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00001-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
2	FS-GN-3002	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00001-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
3	FS-GN-3003	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00001-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
4	FS-GN-3004	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00001-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
5	FS-GN-3005	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00001-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
6	FS-GN-3006	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00001-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
7	FS-GN-3007	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00001-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7996 (1159.7) / 5663 (821.33) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
SISTEMA DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL														
8	TC-GN-3001	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00003-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz	9928 (1440) / 4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
9	TC-GN-3002	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00003-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz3 F, 60 Hz	9928 (1440) / 4827 (700.14) / 9928		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
10	TC-GN-3003	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00003-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	950 MMPCSD	45,100 (33,700)		(1440) / 4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
11	TC-GN-3004	TURBOCOMPRESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00003-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz	9928 (1440) / 4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS NATURAL														
12	EC-GN-3001A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00003-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	950 MMPCSD			9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
13	EC-GN-3002A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00003-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	950 MMPCSD			9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
14	EC-GN-3003A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00003-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	950 MMPCSD			9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
15	EC-GN-3004A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00003-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	950 MMPCSD			9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO														
16	PK-PA-3041	PAQUETE AIRE COMPRIMIDO		1	-									
	FS-IA-3041A	PREFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	FS-IA-3041B	POSTFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125) /	42 (108) / (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	FS-IA-3042A	PREFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) /3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	FS-IA-3042B	POSTFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125) /	42 (108) 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	K-PA-3041	COMPRESOR DE AIRE	COMPRESOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	500 Nm³/h	150 (112)	460 V/3 F/60HZ	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4) NOTA 7	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	K-PA-3042	COMPRESOR DE AIRE	COMPRESOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	500 Nm³/h	150 (112)	460 V/3	862 (125) /	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
									F/60HZ					GALVANIZADA
	PK-IA-3041	PAQUETE DE SECADORA DE AIRE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	500 Nm³/h	N/A	230-460 V/3 F/60HZ	862 (125) /	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	PK-IA-3042	PAQUETE DE SECADORA DE AIRE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	500 Nm³/h	N/A	230-460 V/3 F/60HZ	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	R-IA-3041	RECIPIENTE ACUMULADOR AIRE DE PLANTA	RECIPIENTE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	9 m³ (318 ft3)	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	ACERO AL CARBÓN
SISTEMA DE CONDENSADOS														
22	P-CD-30601A	BOMBA DE CONDENSADOS	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	4.54 m3/h (20GPM)	1 (0.75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ. NOTA 7	249 (50) / 249 (36)	AMB	690(100)	55 (131)	TIPO: BOMBA CENTRÍFUGA CON SELLO MECÁNICO
23	P-CD-30601B	BOMBA DE CONDENSADOS	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	4.54 m3/h (20GPM)	1 (0.75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	249 (50) / 249 (36)	AMB	690(100)	55 (131)	TIPO: BOMBA CENTRÍFUGA CON SELLO MECÁNICO
24	R-CD-2001	DIQUE	CONTENEDOR DE CONCRETO A DESNIVEL	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	42.4 m3 (1497 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	1034 (150)	55 (131)	DIQUE A DESNIVEL
DRENAJE ACEITOSO														
25	P-OD-30701A	BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	4.5 m3/h (20 GPM)	1 (0,75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	690 (100) / 249 (36)	AMB	1034(150)	55 (131)	TIPO: NEUMÁTICA. PRES. MIN. AIRE: 100 pig
26	P-OD-	BOMBA DE	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE	4.5 m3/h (20	1 (0,75)	230-460 V/ 3 F /	690 (100) / 249 (36)	AMB	1034(150)	55 (131)	TIPO: NEUMÁTICA.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	30701B	DRENAJE ACEITOSO				COMPRESIÓN 3	GPM)		60 HZ.					PRES. MIN. AIRE: 100 pig
27	SU-OD-30701	CÁRCAMO SECO	CÁRCAMO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	91 m3 (3213 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	ATM	AMB	
28	R-OD-30701	RECIPIENTE DE DRENAJE ACEITOSO	RECIPIENTE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	4.9 m3 (173 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	345 (50)	60 (140)	
SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA DE SERVICIO														
29	FS-SW-3001	FILTROS PARA LAVAJOS Y REGADERAS	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	5 m3/h (22 GPM)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: LECHO PROFUNDO DÚPLEX
30	FS-SW-3002	FILTROS PARA LAVAJOS Y REGADERAS	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	5 m3/h (22 GPM)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: LECHO PROFUNDO DÚPLEX
31	PK-SW-3081	PAQUETE HIDRONEUMÁTICO			-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3								
	P-SW-30801	BOMBA PARA AGUA DE SERVICIO	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	10 m3/h (44 GPM)	1.5 (1.125) NOTA 7	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
	P-SW-30802	BOMBA PARA AGUA DE SERVICIO	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	10 m3/h (44 GPM)	1.5 (1.125) NOTA 7	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
	R-SW-30801	TANQUE HIDRONEUMÁTICO	RECIPIENTE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	1.7 m3 (60 ft3)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	SE PERMITE EL USO DE TANQUE HIDRONEUMÁTICO DE ALGÚN MATERIAL POLIMÉRICO

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
32	T-SW-30801	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE SERVICIO	TANQUE ATMOSFÉRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	10 m3 (353 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	ATM	75 (167)	
SISTEMA DE VENTEO Y RECUPERAIÓN DE GAS														
33	PK-V-3001	PAQUETE DE RECUPERACIÓN DE GAS DE VENTEOS	EQUIPO PAQUETE	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00005-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	0.5 A 4.14 MMPCSD	100 HP		9928 (1440) / 4620 (670)	49 (102,2) /	9928 (1440)	130 (266)	
34	R-V-30921	TANQUE DE GAS DE VENTEOS	RECIPIENTE	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00005-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	1.9 m3 (66.4 ft3)	N/A	N/A	9928 (1440) / 4620 (670)	49 (102,2) /	9929 (1440)	130 (266)	
35	VC-V-3001	COLUMNA DE VENTEO	COLUMNA DE VENTEO	1	SM-0300-WOR-PR-PID-00005-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3		N/A	N/A	862 (125)	30 (86)	1034 (150)	55 (131)	CÓDIGO DE DISEÑO: API 521. LA ALTURA FINAL DE LA COLUMNA SE DETERMINARÁ CON EL ANÁLISIS DE DISPERSIÓN DURANTE LA INGENIERÍA DE DETALLE.
SISTEMA DE GENERADORES ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA														
36	GE-FG-3101	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
37	GE-FG-2102	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
38	GE-FG-3103	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
39	GE-FG-	GENERADOR	GENERADOR	1	-	ESTACIÓN DE	480 VCA / 3 F /	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	3104	ELÉCTRICO A GAS	ELÉCTRICO			COMPRESIÓN 3	60 Hz							
40	GE-DS-3105	GENERADOR ELÉCTRICO A DIÉSEL	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1106 (825)	N/A					ACERO AL CARBÓN
41	PK-FG-3005	PAQUETE DE ACONDICIONAMIE NTO DE GAS COMBUSTIBLE PARA GENERADORES	EQUIPO PAQUETE	4	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	444 Nm3/h		230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	9329 (1353) / 7040 (1021.5) /	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	ACERO AL CARBÓN
	CS1-BR-01	BANCO AUTOMÁTICO DE CARGA	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3								
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
42	PK-FG-3001	PAQUETE DE ACONDICIONAMIE NTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-3071A	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR / SEPARATOR FILTER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3				7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-3072A	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR / SEPARATOR FILTER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3				7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-	CALENTADOR ELÉCTRICO DE	CALENTADOR /	1	-	ESTACIÓN DE				7895 (1145.1) /	93 (199) / 10	9928 (1440)	150 (302)	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	3071A	GAS COMBUSTIBLE	HEATER			COMPRESIÓN 3				4620 (670)	(50)			
	HE-FG-3072A	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR /HEATER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
43	PK-FG-3002	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-3071B	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3		N/A		7895 (1145.1) /4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-3072B	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-3071B	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3				8159 (1183.4) /4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-3072B	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
44	PK-FG-3003	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
		COMBUSTIBLE												
	FS-FG-3071C	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-3072C	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-3071C	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-3072C	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
45	PK-FG-3004	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-3071D	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-3072D	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-3071D	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	HE-FG-3072D	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 3				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	

Tabla 15. Lista de equipo de proceso de la CS4

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
SISTEMA DE FILTRACIÓN DE GAS NATURAL														
1	FS-GN-4001	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00001-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
2	FS-GN-4002	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00001-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
3	FS-GN-4003	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00001-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
4	FS-GN-4004	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0400WOR-PR-PID-00001-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
5	FS-GN-1005	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00001-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
6	FS-GN-4006	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00001-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
7	FS-GN-4007	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00001-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
SISTEMA DE MEDICIÓN Y RGULACIÓN														
8	RS-GN-4001/2	PATÍN DE CONTROL DE FLUJO	PAQUETE DE REGULACIÓN	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00002-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	880 MMPCSD POR TREN	N/A	N/A	4620 (670) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	API 5L X70 NOTA 2, 7
9	MS-GN-4001/2/3	PATÍN DE MEDICIÓN	PAQUETE DE MEDICIÓN	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00002-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	440 MMPCD POR TREN	N/A	N/A	4620 (670) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	API 5L X70 NOTA 2, 7
SISTEMA DE COMPRESIÓN DE GAS NATURAL														
11	TC-GN-4001	TURBOCOMPR ESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00003-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz	9928 (1440) /4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2 NOTA 2, 7
12	TC-GN-4002	TURBOCOMPR ESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00003-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz3 F, 60 Hz	9928 (1440) /4827 (700.14) /9928		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
13	TC-GN-4003	TURBOCOMPR ESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00003-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	950 MMPCSD	45,100 (33,700)		(1440) /4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
14	TC-GN-4004	TURBOCOMPR ESOR DE GAS NATURAL	TURBO COMPRESOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00003-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	950 MMPCSD	45,100 (33,700)	3 F, 60 Hz	9928 (1440) /4827 (700.14) /		10,921 (1584)	130 (266)	S-355J2
SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DE GAS NATURAL														
15	EC-GN-4001A/B/ C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00003-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	950 MMPCSD	32286 (24,078)		9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	ALETAS: ALUMINIO. CABEZALES: SA-516-70N. TUBOS SA-179.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
														BASTIDOR: SA-36. BRIDAS: SA-350
16	EC-GN-4002A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00003-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	950 MMPCSD	32286 (24,078)		9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	ALETAS: ALUMINIO. CABEZALES: SA-516-70N. TUBOS SA-179. BASTIDOR: SA-36. BRIDAS: SA-350
17	EC-GN-4003A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00003-03-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	950 MMPCSD	32286 (24,078)		9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	ALETAS: ALUMINIO. CABEZALES: SA-516-70N. TUBOS SA-179. BASTIDOR: SA-36. BRIDAS: SA-350
18	EC-GN-4004A/B/C/D	ENFRIADOR DE GAS	ENFRIADOR	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00003-04-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	950 MMPCSD	32286 (24,078)		9928/8170 (1440/1185)	88 (190) / 49 (120.2)	10,921 (1584)	130 (266)	ALETAS: ALUMINIO. CABEZALES: SA-516-70N. TUBOS SA-179. BASTIDOR: SA-36. BRIDAS: SA-350
TRAMPA DE DIABLOS														
19	PL-GN-4002	TRAMPA DE ENVÍO DE DIABLOS	TRAMPA DE ENVÍO	1	SM-0400-WOR-PR-PID-00004-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	N/A	N/A	N/A	9928 (1440) /4907 (711.63)	9 (120)	9928 (1440)	55 (131)	API 5L X70
SISTEMA DE AIRE COMPRIMIDO														
20	PK-PA-4041	PAQUETE AIRE COMPRIMIDO		1	-									
	FS-IA-4041A	PREFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	FS-IA-	POSTFILTRO	FILTRO	1	-	ESTACIÓN DE	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125) /	42 (108) /	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	4041B	DE AIRE	SEPARADOR			COMPRESIÓN 4					(37.4)			VIDRIO
	FS-IA-4042A	PREFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) /3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	FS-IA-4042B	POSTFILTRO DE AIRE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	500 Nm³/h	N/A	N/A	862 (125) /	42 (108) 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNO EN FIBRA DE VIDRIO
	K-PA-4041	COMPRESOR DE AIRE	COMPRESOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	500 Nm³/h	150 (112)	460 V/3 F/60HZ	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4) NOTA 7	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	K-PA-4042	COMPRESOR DE AIRE	COMPRESOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	500 Nm³/h	150 (112)	460 V/3 F/60HZ	862 (125) /	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	PK-IA-4041	PAQUETE DE SECADORA DE AIRE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	500 Nm³/h	N/A	230-460 V/3 F/60HZ	862 (125) /	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	PK-IA-4042	PAQUETE DE SECADORA DE AIRE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	500 Nm³/h	N/A	230-460 V/3 F/60HZ	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	INTERNOS EN SS-316 Y CABINA METÁLICA GALVANIZADA
	R-IA-4041	RECIPIENTE ACUMULADOR AIRE DE PLANTA	RECIPIENTE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	9 m³ (318 ft3)	N/A	N/A	862 (125)	42 (108) / 3 (37.4)	1034 (150)	60 (140)	ACERO AL CARBÓN
SISTEMA DE CONDENSADOS														
21	P-CD-40601A	BOMBA DE CONDENSADOS	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	4.54 m3/h (20GPM)	1 (0.75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ. NOTA 7	249 (50) / 249 (36)	AMB	690(100)	55 (131)	TIPO: BOMBA CENTRÍFUGA CON SELLO MECÁNICO

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
22	P-CD-40601B	BOMBA DE CONDENSADOS	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	4.54 m3/h (20GPM)	1 (0.75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	249 (50) / 249 (36)	AMB	690(100)	55 (131)	TIPO: BOMBA CENTRÍFUGA CON SELLO MECÁNICO
23	R-CD-2001	DIQUE	CONTENEDOR DE CONCRETO A DESNIVEL	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	42.4 m3 (1497 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	1034 (150)	55 (131)	DIQUE A DESNIVEL
DRENAJE ACEITOSO														
24	P-OD-40701A	BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	4.5 m3/h (20 GPM)	1 (0,75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	690 (100) / 249 (36)	AMB	1034(150)	55 (131)	TIPO: NEUMÁTICA. PRES. MIN. AIRE: 100 pig
25	P-OD-40701B	BOMBA DE DRENAJE ACEITOSO	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	4.5 m3/h (20 GPM)	1 (0,75)	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	690 (100) / 249 (36)	AMB	1034(150)	55 (131)	TIPO: NEUMÁTICA. PRES. MIN. AIRE: 100 pig
26	SU-OD-40701	CÁRCAMO SECO	CÁRCAMO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	91 m3 (3213 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	ATM	AMB	
27	R-OD-40701	RECIPIENTE DE DRENAJE ACEITOSO	RECIPIENTE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	4.9 m3 (173 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	345 (50)	60 (140)	
SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA DE SERVICIO														
28	FS-SW-4001	FILTROS PARA LAVAJOS Y REGADERAS	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	5 m3/h (22 GPM)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: LECHO PROFUNDO DÚPLEX
29	FS-SW-4002	FILTROS PARA LAVAJOS Y REGADERAS	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	5 m3/h (22 GPM)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: LECHO PROFUNDO DÚPLEX
30	PK-SW-	PAQUETE HIDRONEUMÁTIC			-	ESTACIÓN DE								

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	4081	O				COMPRESIÓN 4								
	P-SW-40801	BOMBA PARA AGUA DE SERVICIO	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	10 m3/h (44 GPM)	1.5 (1.125) NOTA 7	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
	P-SW-40802	BOMBA PARA AGUA DE SERVICIO	BOMBA	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	10 m3/h (44 GPM)	1.5 (1.125) NOTA 7	230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	TIPO: CENTRÍFUGA HORIZONTAL
	R-SW-40801	TANQUE HIDRONEUMÁTICO	RECIPIENTE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	1.7 m3 (60 ft3)	N/A	N/A	441 (64)	AMB	1030 (150)	100 (212)	SE PERMITE EL USO DE TANQUE HIDRONEUMÁTICO DE ALGÚN MATERIAL POLIMÉRICO
31	T-SW-40801	TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA DE SERVICIO	TANQUE ATMOSFÉRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	10 m3 (353 ft3)	N/A	N/A	ATM	AMB	ATM	75 (167)	
SISTEMA DE VENTEO Y RECUPERACIÓN DE GAS														
32	PK-V-4001	PAQUETE DE RECUPERACIÓN DE GAS DE VENTEOS	EQUIPO PAQUETE	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00005-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	0.5 A 4.14 MMPCSD	100 HP		9928 (1440) / 4620 (670)	49 (102,2) /	9928 (1440)	130 (266)	
33	R-V-40921	TANQUE DE GAS DE VENTEOS	RECIPIENTE	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00005-01-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	1.9 m3 (66.4 ft3)	N/A	N/A	9928 (1440) / 4620 (670)	49 (102,2) /	9929 (1440)	130 (266)	
34	VC-V-4001	COLUMNA DE VENTEO	COLUMNA DE VENTEO	1	SM-0100-WOR-PR-PID-00005-02-S	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4		N/A	N/A	862 (125)	30 (86)	1034 (150)	55 (131)	CÓDIGO DE DISEÑO: API 521. LA ALTURA FINAL DE LA COLUMNA SE DETERMINARÁ CON EL ANÁLISIS DE DISPERSIÓN DURANTE

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
														LA INGENIERÍA DE DETALLE.
SISTEMA DE GENERADORES ELÉCTRICOS DE EMERGENCIA														
35	GE-FG-4101	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
36	GE-FG-4102	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
37	GE-FG-4103	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
38	GE-FG-4104	GENERADOR ELÉCTRICO A GAS	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1877 (1400)	N/A	23 (3.33)		50 (7.25)	100 (212)	ACERO AL CARBÓN
39	GE-DS-4105	GENERADOR ELÉCTRICO A DIÉSEL	GENERADOR ELÉCTRICO	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	480 VCA / 3 F / 60 Hz	1106 (825)	N/A					ACERO AL CARBÓN
40	PK-FG-4005	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE PARA GENERADORES	EQUIPO PAQUETE	4	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	444 Nm3/h		230-460 V/ 3 F / 60 HZ.	9329 (1353) / 7040 (1021.5) /	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	ACERO AL CARBÓN
	CS1-BR-01	BANCO AUTOMÁTICO DE CARGA	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4								
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
41	PK-FG-4001	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	CERO AL CARBÓN
	FS-FG-4071A	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR / SEPARATOR FILTER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4				7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-4072A	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR / SEPARATOR FILTER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4				7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-4071A	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR / HEATER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-4072A	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR / HEATER	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
42	PK-FG-4002	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-4071B	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-	FILTRO DE GAS	FILTRO	1	-	ESTACIÓN DE		N/A		7895 (1145.1) /	49 (120) / 10	9928 (1440)	55 (131)	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
	4072B	COMBUSTIBLE	SEPARADOR			COMPRESIÓN 4				4620 (670)	(50)			
	HE-FG-4071B	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4				8159 (1183.4) /4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-4072B	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														
43	PK-FG-4003	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-4071C	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-4072C	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-4071C	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-4072C	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE A TURBOCOMPRESOR														

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
44	PK-FG-4004	PAQUETE DE ACONDICIONAMIENTO DE GAS COMBUSTIBLE	EQUIPO PAQUETE	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4	6.1 MMPCSD	N/A	N/A	7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
	FS-FG-4071D	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	FS-FG-4072D	FILTRO DE GAS COMBUSTIBLE	FILTRO SEPARADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4		N/A		7895 (1145.1) / 4620 (670)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	
	HE-FG-4071D	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	
	HE-FG-4072D	CALENTADOR ELÉCTRICO DE GAS COMBUSTIBLE	CALENTADOR	1	-	ESTACIÓN DE COMPRESIÓN 4				7895 (1145.1) / 4620 (670)	93 (199) / 10 (50)	9928 (1440)	150 (302)	

Tabla 16. Lista de equipo de proceso de la EMRyCPuerto Libertad

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
SISTEMA DE FILTRACIÓN DE GAS NATURAL														
1	FS-GN 5001	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0500-WOR-PR-PID-00001-01-S	EMRyC PUERTO LIBERTAD	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7239 (1050) / 7205 (1045)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CAPACIDAD	POTENCIA HP (KW)	SUMINISTRO ELÉCTRICO V / F / Hz /	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
										PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
2	FS-GN-5002	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0500-WOR-PR-PID-00001-01-S	EMRyC PUERTO LIBERTAD	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7239 (1050) / 7205 (1045)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
3	FS-GN-5003	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0500-WOR-PR-PID-00001-02-S	EMRyC PUERTO LIBERTAD	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7239 (1050) / 7205 (1045)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
4	FS-GN-5004	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0500WOR-PR-PID-00001-02-S	EMRyC PUERTO LIBERTAD	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7239 (1050) / 7205 (1045)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70
5	FS-GN-5005	FILTRO DE GAS NATURAL	FILTRO SEPARADOR	1	SM-0500-WOR-PR-PID-00001-03-S	EMRyC PUERTO LIBERTAD	750 x 1.1 MMPCSD	N/A	N/A	7239 (1050) / 7205 (1045)	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	SA-516 GR.70

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 17. Termogenerador para MVL's

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
							PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
TERMOGENERADOR MVL'S											
1	TG-0001/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-00 KP 0+000	7895 (1145.1) / 4907 (711.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
2	TG-0101/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-01 KP 30+750	7895 (1145.1) / 4907 (711.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
3	TG-0201/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-02 KP 60+850	7895 (1145.1) / 4907 (711.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
4	TG-0301/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-03 KP 91+450	7895 (1145.1) / 4907 (711.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
5	TG-0501/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-05 KP 151+000	8177 (1186.5) / 5935 (860.69) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
6	TG-0601/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-06 KP 183+000	8177 (1186.5) / 5935 (860.69) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
7	TG-0701/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-07 KP 215+000	8177 (1186.5) / 5935 (860.69) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
8	TG-0801/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-08 KP 246+600	8177 (1186.5) / 5935 (860.69) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
9	TG-1001/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-10 KP 304+200	7050 (1022.4) / 5134 (744.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
							PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
10	TG-1101/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-11 KP 331+600	7050 (1022.4) / 5134 (744.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
11	TG-1201/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-12 KP 362+950	7050 (1022.4) / 5134 (744.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
12	TG-1301/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-13 KP390+650	7050 (1022.4) / 5134 (744.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
13	TG-1401/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-14 KP 421+750	7050 (1022.4) / 5134 (744.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
14	TG-1501/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-15 KP 452+000	7050 (1022.4) / 5134 (744.63) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
15	TG-1701/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-17 KP 504+200	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
16	TG-1801/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-18 KP 536+200	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
17	TG-1901/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-19 KP 568+200	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
18	TG-2001/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-20 KP 600+200	7592 (1101.1) / 3157 (457.91) /	49 (120) / 10 (50)	9928 (1440)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
19	TG-2201/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-22 KP 661+100	7239 (1050) / 7205 (1045)	49 (120) / 10 (50)	11031 (1600)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ITEM	TAG DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	TIPO	CANTIDAD	DTI	UBICACIÓN	CONDICIONES DE OPERACIÓN		CONDICIONES DE DISEÑO		MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
							PRESIÓN MÁX. / MÍN. kPag (psig)	TEMP MÁX. / MÍN°C (° F)	PRESIÓN kPag (psig)	TEMP C (° F)	
20	TG-2301/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-23 KP 668+650	7239 (1050) / 7205 (1045)	49 (120) / 10 (50)	11031 (1600)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
21	TG-2401/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-24 KP 717+300	7239 (1050) / 7205 (1045)	49 (120) / 10 (50)	11031 (1600)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
22	TG-2501/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-25 KP 744+200	7239 (1050) / 7205 (1045)	49 (120) / 10 (50)	11031 (1600)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN
23	TG-2601/02/03/04/05/06/07/08	TERMOGENERADOR PARA MLV	TERMOGENERADOR	1	SM-0600-WOR-PR-PID-00001	MLV-26 KP 772+350	7239 (1050) / 7205 (1045)	49 (120) / 10 (50)	11031 (1600)	55 (131)	ACERO AL CARBÓN

Señalamientos.

Requisitos generales de los señalamientos.

Los señalamientos indicaran el trayecto del ducto enterrado, delimitaran la franja de seguridad del sistema, identificarán las Instalaciones superficiales del Sistema de Transporte, así como los tramos de Ductos superficiales. Lo anterior, a efecto de reducir la posibilidad de daño o interferencia.

Señalamientos en Ductos enterrados.

Este tipo de señalamiento serán instalados sobre un soporte, y se colocarán a los lados de la franja de afectación del Ducto y cumplirán con lo siguiente:

Debe cubrir la distancia mínima entre cada señalamiento, de acuerdo con lo indicado en la Tabla siguiente:

Tabla 18. Distancia entre señalamientos

Clase de localización	Distancia en metros
1, 2 y 3	Cada 1000
4	Cada 500
5	Cada 100

Señalamientos obligatorios. Se instalarán señalamientos lo más cerca posible, en los casos siguientes:

- a. En ambos lados del cruce de una carretera, camino público, vía de ferrocarril o cuerpos de agua, y
- b. Antes y después de los cambios de dirección mayores a 30 grados.

Los señalamientos del Sistema de Transporte contendrán al menos lo siguiente:

- a. Advertencia de peligro, cuidado y/o precaución;
- b. Ducto de gas natural;
- c. El nombre, Transportadora de Gas Sierra Madre.
- d. Teléfono de Emergencia Clave lada, teléfono(s) local y/o número libre de cargo, y las Instalaciones del Sistema de Transporte que estén enterradas deben adicionalmente indicar,
- e. No excavar, no golpear, no construir.

Los señalamientos tendrán fondo color amarillo y letras color negro y se apegarán a lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas y a falta de éstas con las normas, códigos o estándares internacionales vigentes.

Señalamientos en Instalaciones superficiales

En Instalaciones superficiales como válvulas de seccionamiento, trampas de diablos, estaciones de recepción/entrega, regulación, medición y/o compresión se incluirán anuncios alusivos a la seguridad, como pueden ser: uso de equipo de protección personal, restricción de acceso, no fumar, no fuentes de ignición, entre otras.

Diseño del sistema de protección catódica: Camas anódicas.

La ubicación de las camas anódicas será definida en paralelo al inicio de la construcción del Ducto, ya que para el diseño completo del sistema de protección catódica es necesario primer realizar una serie de estudios en campo para obtener la información del suelo en el que será alojado el Ducto. El proceso para llevar a cabo el diseño del sistema de protección catódica deberá considerar lo siguiente:

- Recopilación de la información técnica relacionada al gasoducto; trayectoria de tubería, diámetros, materiales, recubrimientos, etc.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

- Estudio de campo con la finalidad de detectar posibles interferencias por DC/AC, cruces con vías de comunicación, derechos de vía, cuerpos de agua, etc.
- Mediciones del terreno: resistividad, pH, bacterias sulfato reductoras.
- Cálculo y dimensionamiento del sistema de protección catódica.
- Pruebas geofísicas SEV para dimensionar cama anódica profunda.
- La ubicación de rectificadores y camas anódicas que resulten del diseño deberá ser en zonas con acceso a un suministro eléctrico.
- Contemplar instalaciones diseñadas para evitar el vandalismo.

Diseño del sistema de protección catódica: Postes de medición de tubo/suelo.

Para determinar la eficacia del sistema de protección catódica, el Ducto contará con estaciones de registro eléctrico para la medición de potenciales Ducto/suelo. Como el Ducto estará instalado en campo traviesa, dichas estaciones se instalarán a **cada kilómetro** sobre la franja de seguridad del sistema y en todos los cruzamientos con estructuras metálicas enterradas, carreteras, vías de ferrocarril y ríos, donde no existan impedimentos físicos. Sin perjuicio de la distancia mínima señalada, el Sistema de Transporte contará con al menos una estación de registro eléctrico antes y después de cada estación de compresión y de cada estación de regulación de presión.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A. Sustancia transportada

La sustancia transportada es gas natural el cual durante todo el sistema de transporte conserva su estado físico como gas. La composición del gas natural es típica de la región, la cual se deberá validar en la ingeniería de detalle.

Tabla 19. Composición del Gas Natural

Propiedad	Unidad	Gasoducto Norte de CARSO	Recepcion (proveniente de Waha)
Metano mínimo (CH ₄)	% Mol	94.9	94.9
Etano (C ₂ H ₆)	% Mol	2.23	2.23
Propano (C ₄ H ₁₀)	% Mol	0.47	0.47
i-Butano (C ₄ H ₁₀)	% Mol	0.05	0.05
n-Butano (C ₄ H ₁₀)	% Mol	0.11	0.11
i-Pentano (C ₅ H ₁₂)	% Mol	0.03	0.03
n-Pentano (C ₅ H ₁₂)	% Mol	0.03	0.03
n-Hexano	% Mol	0.01	0.01
Nitrógeno máximo	% Mol	1.35	1.35
Dióxido de carbono (CO ₂)	% Mol	0.82	0.82
Peso molecular	Kg/mol	16.99	16.99
Densidad	Kg/m ³	37.48	37.48
Capacidad calorífica	Kcal/kg °C	2.50	2.50
Factor de compresibilidad	---	0.90	0.90
Cp/Cv	---	1.47	1.47
Viscosidad	Cp	0.01	0.01

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

B. Descripción breve de la ruta

Al inicio del sistema se tendrá un Cruce tipo **HDD** (horizontal dirigido) con una longitud aproximada de 477 m en la frontera entre México y EUA para la línea proveniente de Waha de 48" siendo este el principal punto de suministro de gas al sistema.

Las coordenadas 454,466.00 este y 3,422,528.00 norte, Región 13, corresponde al punto de transferencia de custodia y el inicio del sistema de transporte Sierra Madre en el punto exacto de la frontera México-EUA en el Río Bravo. A partir de este punto ubicado en el municipio de Guadalupe, Chihuahua, el Proyecto sigue trayectoria hacia el suroeste rumbo al municipio de Ahumada, los principales cruces con que se tienen en la trayectoria son los siguientes:

- Sierra de San Martin del Boracho km 19+000.00
- Gasoducto Tarahumara Fermaca 20" km119+093.35

En el km 119+000 se ubicará la estación de compresión 01 (CS-01) en el municipio de Ahumada, en Chihuahua donde se localizará también la estación de medición fiscal del gas que viene de Waha Texas y la interconexión con el gasoducto Tarahumara de Fermaca, saliendo de la estación el ducto continuará en dirección oeste, donde los principales cruces que se tienen a lo largo de la trayectoria son los siguientes:

- Vía de Ferrocarril (FFCC) km 119+412.17.
- Carretera estatal 45 (peaje) el Sueco - Miguel Ahumada km119+447.18.
- Ductos de Pemex km 120+710.45.
- Carretera estatal Chihuahua 19/7 Villa Ahumada - Flores Magón km139+765.33.
- Camino asfaltado El Llano - El Progreso km 193+035.01.
- Carretera estatal Chihuahua 141 col. El valle - Cerro Blanco km 202+542.49.
- Río Santa María km 228+863.66.
- Río Palanganas km 272+373.93.
- Carretera estatal 4 Casas Grandes – CS-2 Juan Mata Ortiz km 272+893.90.
- Vía de Ferrocarril (FFCC línea en desuso) km 274+524.10.

En el km 278+000 se ubicará la Estación de Compresión 02 (CS-2) en el municipio de Casas Grandes, Chihuahua. Saliendo de la estación el ducto continuará en dirección oeste, donde los principales cruces y aspectos relevantes que se tienen en la trayectoria son los siguientes:

- En el km 282+000 inicia la Sierra Madre Occidental, por donde la ruta se prolongará por 300 km más.
- Carretera pavimentada Juan Mata - Ortiz Meza del Huracán km 294+607.53.
- Carretera municipal (Ejido Ignacio Zaragoza) km 304+212.78.
- En el km 333+620 termina el estado de Chihuahua e inicia el de Sonora.
- Río Bavispe km 353+949.6.
- Carretera estatal 69 El Coyote - Huachinera – Bacerac km 376+091.43.

En el km 472+800 se ubicará la estación de compresión 03 (CS-3) en el municipio de Cumpas, Sonora. Saliendo de la estación el ducto continuará en dirección noroeste, donde los principales cruces que intersecta la trayectoria son los siguientes:

- Carretera federal libre 17 Moctezuma - Agua Prieta km 473+172.59.
- Carretera estatal 89 Mazocahui - Arizpe – Cananea km 522+269.2.
- Río San Miguel de Horcasitas km 574+478.95.
- Carretera Estatal 54 Magdalena-Cucurpe-Sinoquipe km 576+972.29.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- En el km 594+000 termina la Sierra Madre Occidental.
- Gasoducto Naco Hermosillo km 616+393.54.
- Carretera federal peaje 15 Hermosillo-Nogales km 616+696.01.
- Carretera estatal 52 Santa Ana - el claro km 622+202.04.
- Río el Coyotillo km 629+050.6.

En el km 632+000 se ubicará la estación de compresión 04 (CS+4) en el municipio de Santa Ana, Sonora donde se localizará también la interconexión con el gasoducto Samalayuca-Sásabe (“GSS”) propiedad de CARSO Gasoducto Norte. Saliendo de la estación el ducto continuará en dirección suroeste, donde los principales cruces que se presentan durante la trayectoria son los siguientes:

- Río Magdalena km 657+761.24.
- Vía Ferrocarril (FFCC Ferromex – Pascualitos - Benjamín Hill) km 661+470.65.
- Arroyo el Bamuri 721+074.24.
- Arroyo el Dátil km 766+088.54.
- Gasoducto Sásabe - Guaymas gasoductos de Agua Prieta km 781+072.99.
- Ramal a Puerto Libertad del gasoducto Sásabe - Guaymas gasoductos de Agua Prieta km 796+240.00.

La mayor cantidad de cruces será con corrientes naturales de agua intermitentes que solo tiene cause en épocas de lluvias (escurrimientos y arroyos menores).

C. Cantidad de gas almacenada en el STGN

La materia prima utilizada es el gas natural, cuyo componente principal es el metano, el cual se encuentra dentro de los ductos de transporte en cantidades superiores a la de reporte para ser considerado como una actividad altamente riesgosa.

Para determinar la cantidad de metano dentro del sistema, se hizo el cálculo de la densidad del gas natural mediante el método AGA8-92DCⁱ.

1. La composición del gas natural que será utilizada está descrita en la Tabla 16 Composición del gas natural.
2. La temperatura a la cual se encuentra el gas natural en condiciones de operación es 25°C
3. Para el cálculo de la presión atmosférica en se toma es variada va desde 1726 msnm en la parte más alta de la CS2 hasta 6 msnm en EMRyC Puerto Libertad.
4. La masa de metano es calculada multiplicando la densidad del gas a la presión indicada x% peso de metano x volumen dentro del sistema cerrado.

El **STGN** operará con un flujo de entrega máximo de 2,834 MMPSCD en la EMRyC Puerto Libertad, convirtiéndolos en Kg de gas natural, tenemos:

$$\text{Kg de GN} = \text{Flujo (pie}^3/\text{día)} * 0.0283168 \text{ m}^3 * \text{densidad (kg/m}^3\text{)}$$

$$\text{Kg de GN} = 2,834,000,000 * 0.0283168 * 37.48$$

$$\text{Kg de GN} = 3,007,768,000 \text{ kg}$$

ⁱ <https://www.unitrove.com/engineering/tools/gas/natural-gas-density> y con las referencias siguientes:

ISO 12213-2 (2006) *Natural gas - Calculation of compression factor - Part 2: Calculation using molar-composition analysis*
Starling, K. E., Savidge, J.L. (1992) *Compressibility Factors for Natural Gas and Other Related Hydrocarbon Gases*, American Gas Association (AGA) Transmission Measurement Committee Report No. 8, American Petroleum Institute (API) MPMS, Chapter 14.2, Second Edition, November 1992.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 20. Sustancia peligrosa manejada en el proyecto

Nombre	Cantidad máxima almacenada (kg/día)	Contenedor	S	I	R	CAS	TLV (ppm)	IDLH (ppm)	STEL (ppm)	LII (%)	LSI (%)	Flash point (°C)	LAAR (kg)
Gas natural	3,007,768,000	ducto	1	4	0	74-82-8	-	-	-	4.5	14.5	-222	500

S: Riesgo a la salud, I: Inflamabilidad, R: Reactividad, CAS: Chemical Abstracs Service, TLV: Threshold Limit Values, IDLH: Immediately Dangerous to Life or Health, STEL: Short Term exposure Limit, LII: Límite Inferior de inflamabilidad, LSI: Límite Superior de inflamabilidad, LAAR: Listado de Actividades Altamente Riesgosas

Tabla 21. Cálculo del metano contenido dentro del sistema

Sección	Longitud (m)	Diámetro (m)	Volumen (m³)	%Volumen de metano	Densidad (kg/m³)	Masa (kg)
MLV-60100-MLV-60101	30,750	1.2192	59,264.82	94.90%	37.48	2,107,962.09
MLV-60101-MLV-60102	30,100	1.2192	58,012.07	94.90%	37.48	2,063,403.54
MLV-60102-MLV-60103	30,600	1.2192	58,975.73	94.90%	37.48	2,097,679.35
MLV-60103-MLV-10404	27,750	1.2192	53,482.89	94.90%	37.48	1,902,307.25
MLV-10404-MLV-60205	32,000	1.2192	61,673.96	94.90%	37.48	2,193,651.60
MLV-60205-MLV-60206	32,000	1.2192	61,673.96	94.90%	37.48	2,193,651.60
MLV-60206-MLV-60207	32,000	1.2192	61,673.96	94.90%	37.48	2,193,651.60
MLV-60207-MLV-60208	31,000	1.2192	59,746.65	94.90%	37.48	2,125,099.99
MLV-60208-MLV-20409	32,000	1.2192	61,673.96	94.90%	37.48	2,193,651.60
MLV-20409-MLV-60310	26,200	1.2192	50,495.56	94.90%	37.48	1,796,052.25
MLV-60310-MLV-60311	27,400	1.2192	52,808.33	94.90%	37.48	1,878,314.19
MLV-60311-MLV-60312	31,350	1.2192	60,421.21	94.90%	37.48	2,149,093.06
MLV-60312-MLV-60313	27,700	1.2192	53,386.52	94.90%	37.48	1,898,879.67
MLV-60313-MLV-60314	31,100	1.2192	59,939.38	94.90%	37.48	2,131,955.15
MLV-60314-MLV-60315	30,250	1.2192	58,301.17	94.90%	37.48	2,073,686.28
MLV-60315-MLV-30416	20,800	1.2192	40,088.08	94.90%	37.48	1,425,873.54
MLV-30416-MLV-60417	31,400	1.2192	60,517.58	94.90%	37.48	2,152,520.64
MLV-60417-MLV-60418	32,000	1.2192	61,673.96	94.90%	37.48	2,193,651.60
MLV-60418-MLV-60419	32,000	1.2192	61,673.96	94.90%	37.48	2,193,651.60
MLV-60419-MLV-60420	32,000	1.2192	61,673.96	94.90%	37.48	2,193,651.60
MLV-60420-MLV-40421	31,800	1.2192	61,288.50	94.90%	37.48	2,179,941.28
MLV-40421-MLV-60522	29,100	1.2192	56,084.76	94.90%	37.48	1,994,851.93
MLV-60522-MLV-60523	27,550	1.2192	53,097.43	94.90%	37.48	1,888,596.93
MLV-60523-MLV-60524	28,650	1.2192	55,217.47	94.90%	37.48	1,964,003.70
MLV-60524-MLV-60525	26,900	1.2192	51,844.68	94.90%	37.48	1,844,038.38
MLV-60525-MLV-60526	28,150	1.2192	54,253.81	94.90%	37.48	1,929,727.90
MLV-60526-EMRyC	27,650	1.2192	53,290.16	94.90%	37.48	1,895,452.09
Total						54,855,000.45

En vista de que la masa de metano en el ducto sobrepasa los 500 kg se puede concluir que el proyecto es una actividad altamente riesgosa.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

El metano se encuentra dentro del segundo listado de actividades altamente riesgosas por ser una sustancia inflamable y explosiva, con una cantidad de reporte de 500 kg. Por lo que, al producirse una liberación durante su transporte, provocaría la formación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamabilidad, en un área determinada por una franja de 100 metros de longitud en torno de las instalaciones o medio de transporte dados, y en el caso de formación de nubes explosivas, la presencia de ondas de sobrepresión de 0.5 lb/pulg² en esa misma franja.

De acuerdo con la guía para la elaboración del estudio de riesgo ambiental modalidad ductos terrestres publicada por SEMARNAT y que representa un antecedente regulatorio inmediata de la guía del ARSH, se entiende como accidente de alto riesgo ambiental una explosión, incendio, fuga o derrame súbito que resulte de un proceso en el curso de las actividades de cualquier establecimiento, así como en ductos, en los que intervengan uno o varios materiales o sustancias peligrosas y que representen un peligro grave (de manifestación inmediata o retardada, reversible o irreversible) para la población, los bienes y el ambiente. A este tipo de accidentes se les considera como accidentes mayores y dentro del presente proyecto se incluyen los siguientes:

1. Liberación de una sustancia peligrosa, en la que la cantidad total liberada sea mayor a la que se haya fijado como umbral o límite (cantidad de reporte o de control).
2. Cualquier fuego mayor que dé lugar a la elevación de radiación térmica en el lugar o límite de la planta o instalación, que exceda de 5 kW/m² por varios segundos.
3. Cualquier explosión de vapor o gas que pueda ocasionar ondas de sobrepresión iguales o mayores de 1 lb/pulg².
4. Cualquier explosión de una sustancia reactiva o explosiva que pueda afectar a edificios o plantas, en la vecindad inmediata, tanto como para dañarlos o volverlos inoperantes por un tiempo.
5. Cualquier liberación de sustancias tóxicas, en la que la cantidad liberada pueda ser suficiente para alcanzar una concentración igual o por arriba del nivel que representa un peligro inmediato para la vida o la salud humana (IDLH, Immediately Dangerous to Life or Health por sus siglas en inglés; inmediatamente peligroso para la vida o la salud), en áreas aledañas a la fuente emisora.
6. En el caso del transporte, se considera como un accidente, el que involucre la fuga o derrame de cantidades considerables de materiales o residuos peligrosos que pueden causar la afectación severa de la salud de la población y/o del ambiente.

Así mismo se manifiesta que el presente proyecto pertenece al sector hidrocarburos al realizar algunas de las actividades descritas en el artículo 3º., fracción XI de la Ley de la ASEA.

Tabla 22. Actividad del sector hidrocarburos (artículo 3º., fracción XI de la Ley de la ASEA)

a	Reconocimiento y exploración superficial, y explotación y extracción de Hidrocarburos.	b	Tratamiento, refinación, enajenación, comercialización, transporte y almacenamiento del petróleo.	c	Procesamiento, compresión, licuefacción, descompresión y regasificación, así como TRANSPORTE , almacenamiento y distribución de gas natural.	d	Transporte, almacenamiento y distribución de gas licuado de petróleo.	e	Transporte, almacenamiento y distribución de petrolíferos.	f	Transporte por ducto y almacenamiento que se encuentre vinculado a ductos de petroquímicos, producto del procesamiento de gas natural y de la refinación del petróleo.

Tabla 23. Resumen de sustancias peligrosas

Nombre químico de la sustancia (IUPAC)	No. CAS	Riesgo químico					Flujo en millones de pies cúbicos estándar por día (MPCSD)	Concentración (% mol)	Capacidad total			Tipo de almacenamiento	Cantidad de reporte de LAAR
		C	R	E	T	I			Máxima de proceso (Ton/día)	Máxima de transporte (Ton/día)	Máxima de Almacenamiento (Kg)		
Metano	74-82-8			X		X	2834	94.90	NA	NA	54,850,000.45	Ducto	500 Kg

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

D. Descripción del proceso

El suministro de gas natural será a través del gasoducto Tarahumara Pipeline de Fermaca en la **CS-1** con una capacidad máxima de 845 MMPCSD, del gasoducto Samalayuca-Sásabe (“GSS”) propiedad de Carso Gasoducto Norte, S.A. C.V. en la **CS-4** con una capacidad máxima de operación de 880 MMPCSD, y de la frontera (proveniente de Waha) con un flujo máximo de 2700 MMPCSD; y un requerimiento de presión de entrega en la Terminal **GNL** de Sonora en Puerto Libertad de 7205 kPag (1045 psig).

Tabla 24. Equipos principales en las estaciones del STGN

Ítem	Estación	Nombre	Objetivo	Alimentaciones	Equipos principales
1	CS1	Estación Villa Ahumada	Regulación, Medición fiscal y Compresión	Frontera (proveniente de Waha); Gasoducto Tarahumara	Filtros, patín de regulación, patines de medición, turbocompresores, enfriadores, trampa de envío (portátil) y trampa de recibo de diablos(portátil)
2	CS2	Estación Mata Ortiz	Compresión	Estación CS-1	Filtros, turbocompresores, enfriadores, trampa de envío (portátil) y trampa de recibo de diablos (portátil)
3	CS3	Estación Cumpas	Compresión	Estación CS-2	Filtros, turbocompresores, enfriadores, trampa de envío (portátil) y trampa de recibo de diablos (portátil)
4	CS4	Estación Santa Ana	Regulación, Medición fiscal y Compresión	Estación CS-3 Gasoducto Carso	Filtros, patín de regulación, patín de medición, turbocompresores, enfriadores, trampa de recibo (portátil) y trampa de envío de diablos (fija)
5	EMRyC	Estación Puerto Libertad	Regulación y Medición fiscal	Estación CS-4	Filtros, patín de regulación, patín de medición y trampa de recibo de diablos (fija)

El gasoducto y las estaciones de compresión serán diseñados para el transporte y procesamiento de gas natural con las características siguientes:

Tabla 25. Especificaciones técnicas del proyecto

Dato	Valor	Unidad	Cadenamiento o tramo del ducto
Especificación de la tubería	API 5L PSL2 Grado X-70 M	NA	Todo el ducto
Longitud	800	Km	NA
Diámetro nominal	48"	in	Todo el ducto
Espesor	16.23 (0.639")	mm (in)	del KM 0+000 al KM 632+000
	18.03 (0.710")	mm (in)	del KM 632+000 a KM 800+000
Presión			
De diseño	9,928 (1,440)	kPag (psig)	del KM 0+000 al KM 632+000
	11,031 (1600)	kPag (psig)	del KM 632+000 al KM 800+000
De operación	9,329 (1,353)	kPag (psig)	Recepción (frontera Mexico y EEUU)
	7,205 (1,045)	kPag (psig)	Entrega (EMRyC en la Terminal GNL de Sonora en Puerto Libertad).
Máximo permisible	9,928 (1,440)	kPag (psig)	del KM 0+000 al KM 632+000
	11,031 (1,600)	kPag (psig)	del KM 632+000 al KM 800+000

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 26. Capacidades de diseño y operativas del proyecto

Dato	Unidad	Ubicación
Capacidad de diseño del sistema y Capacidad máxima de operación		
2834	MMPCSD	Todo el ducto
Capacidad operativa (Valor)		
2700	MMPCSD	Recepción (proveniente de Waha)
845	MMPCSD	Recepción Gasoducto Tarahumara (CS-1)
880	MMPCSD	Recepción Gasoducto Samalayuca – Sasabe (CS-4)

D.1. Interconexión

El gas natural se recibe en el punto de interconexión con el gasoducto Tarahumara Pipeline de Fermaca en la **CS-1**; en la interconexión con el gasoducto Noroeste de Carso en la **CS-4**; y en la interconexión desde la frontera (proveniente de Waha). Por lo anterior, se tienen 9 escenarios de operación representativos:

- El escenario 1 se recibe gas natural del ducto noroeste de Carso;
- El escenario 2 recibe gas natural del ducto Tarahumara de Fermaca;
- El escenario 3 tendrá una mezcla de corrientes por medio del nuevo gasoducto de 48”;
- En los escenarios 4, 4a, 4b y 5 el suministro de gas natural será desde la frontera (proveniente de Waha);
- En el escenario 6 se tendrá una mezcla de gas natural desde la frontera (proveniente de Waha) y el ducto norte de Carso; y
- En el escenario 7 el suministro será una mezcla de gas natural proveniente de la frontera (proveniente de Waha), Tarahumara y Samalayuca - Sásabe.

Los siete escenarios se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 27. Resumen de condiciones de operación para los escenarios del Proyecto

Escenario	Flujo/presión	Recibo en frontera	CS1	CS2	CS3	CS4	EMRyC Puerto Libertad	Tren de LNG Puerto Libertad
1	MMPCSD	--	--	--	--	889	--	880
	PSIG	--	--	--	--	670	1045	1015
2	MMPCSD	--	850	--	--	--	--	840
	PSIG	--	670	--	--	--	1045	1015
3	MMPCSD	--	850	--	--	889	--	1720
	PSIG	--	670	--	--	670	1045	1015
4	MMPCSD	1958	1948	Por calcular	Por calcular	1928	--	1928
	PSIG	1230	Por calcular	Por calcular	Por calcular	Por calcular	1045	1015
4a	MMPCSD	1952	Por calcular	Por calcular	Por calcular	1928	--	1928
	PSIG	987	Por calcular	Por calcular	Por calcular	Por calcular	1045	1015
4b	MMPCSD	1945	Por calcular	Por calcular	Por calcular	1928	--	1928
	PSIG	1357	Por calcular	Por calcular	Por calcular	Por calcular	1045	1015

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Flujo/presión	Recibo en frontera	CS1	CS2	CS3	CS4	EMRyC Puerto Libertad	Tren de LNG Puerto Libertad
5	MMPCSD	2711	2693	2677	2657	2640	--	2640
	PSIG	1230	Por calcular	Por calcular	Por calcular	Por calcular	1045	1015
6	MMPCSD	2700	2685	2670	2655	2640	--	2834
	PSIG	1230	Por calcular	Por calcular	Por calcular	Por calcular	1045	1015
7	MMPCSD	1895	1870	2270	2255	2240	--	2640
	PSIG	1230	Por calcular	Por calcular	Por calcular	Por calcular	1045	1015

La presión de descarga en cada escenario deberá ser verificada para cumplir con el flujo de entrega en Puerto Libertad de 2834 MMPCSD.

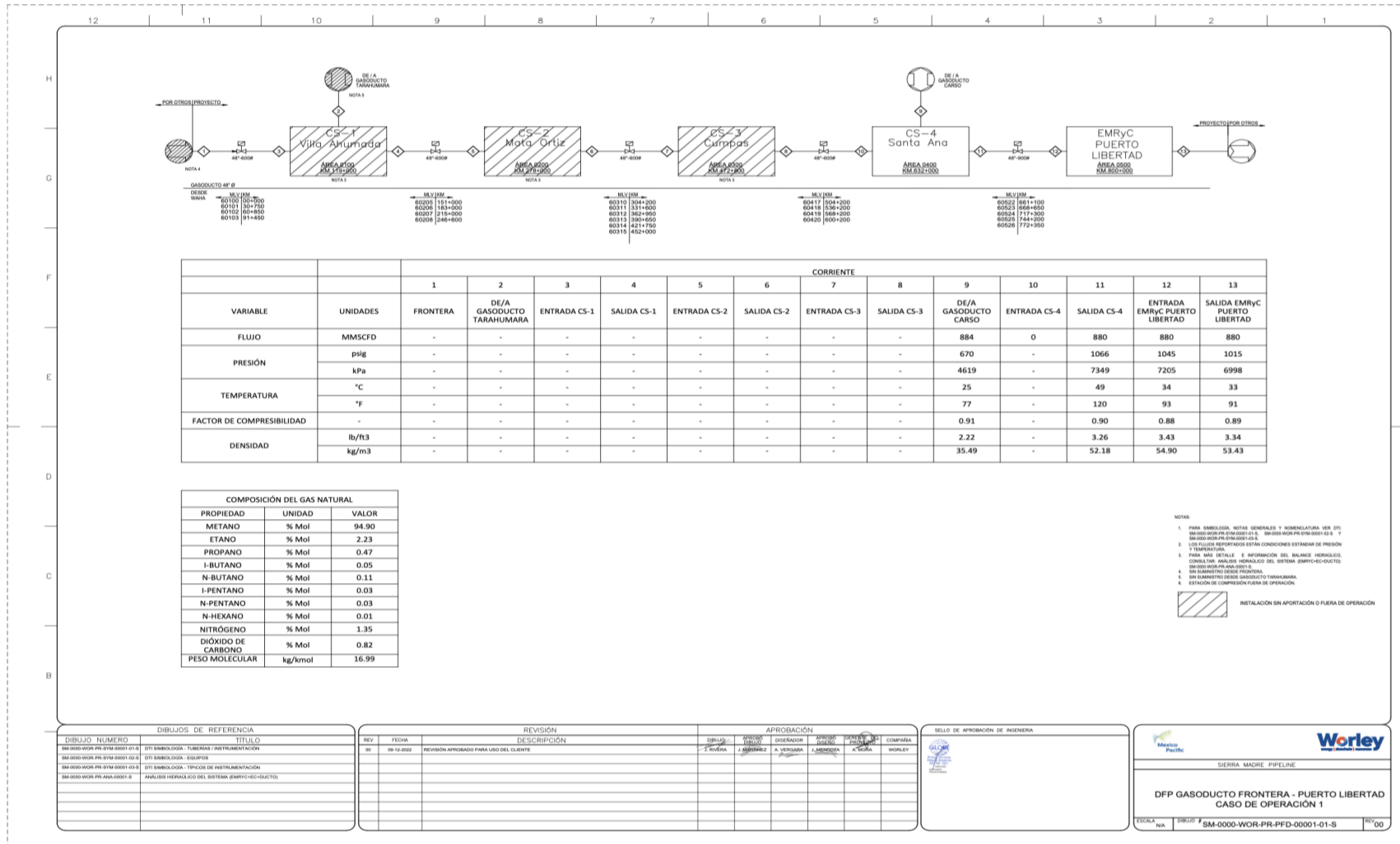
A continuación, se muestran los Diagramas de Flujo de Proceso para cada escenario.

Tabla 28. Diagramas de flujo de 9 escenarios de operación del proyecto

Nombre	Clave de plano	Anexo
DFP Desde frontera – Puerto Libertad Caso 1	SM-0100-WOR-PR-PFD-00001-S_00.pdf	Anexo_ER_3. Diagramas de flujo de Proceso escenarios de operación
DFP Desde frontera – Puerto Libertad Caso 2	SM-0100-WOR-PR-PFD-00002-S_00.pdf	
DFP Desde frontera – Puerto Libertad Caso 3	SM-0100-WOR-PR-PFD-00003-S_00.pdf	
DFP Desde frontera – Puerto Libertad Caso 4	SM-0100-WOR-PR-PFD-00004-S_00.pdf	
DFP Desde frontera – Puerto Libertad Caso 5	SM-0100-WOR-PR-PFD-00005-S_00.pdf	
DFP Desde frontera – Puerto Libertad Caso 6	SM-0100-WOR-PR-PFD-00006-S_00.pdf	
DFP Desde frontera – Puerto Libertad Caso 7	SM-0100-WOR-PR-PFD-00007-S_00.pdf	
DFP Desde frontera – Puerto Libertad Caso 4A	SM-0100-WOR-PR-PFD-00008-S_00.pdf	
DFP Desde frontera – Puerto Libertad Caso 4B	SM-0100-WOR-PR-PFD-00009-S_00.pdf	

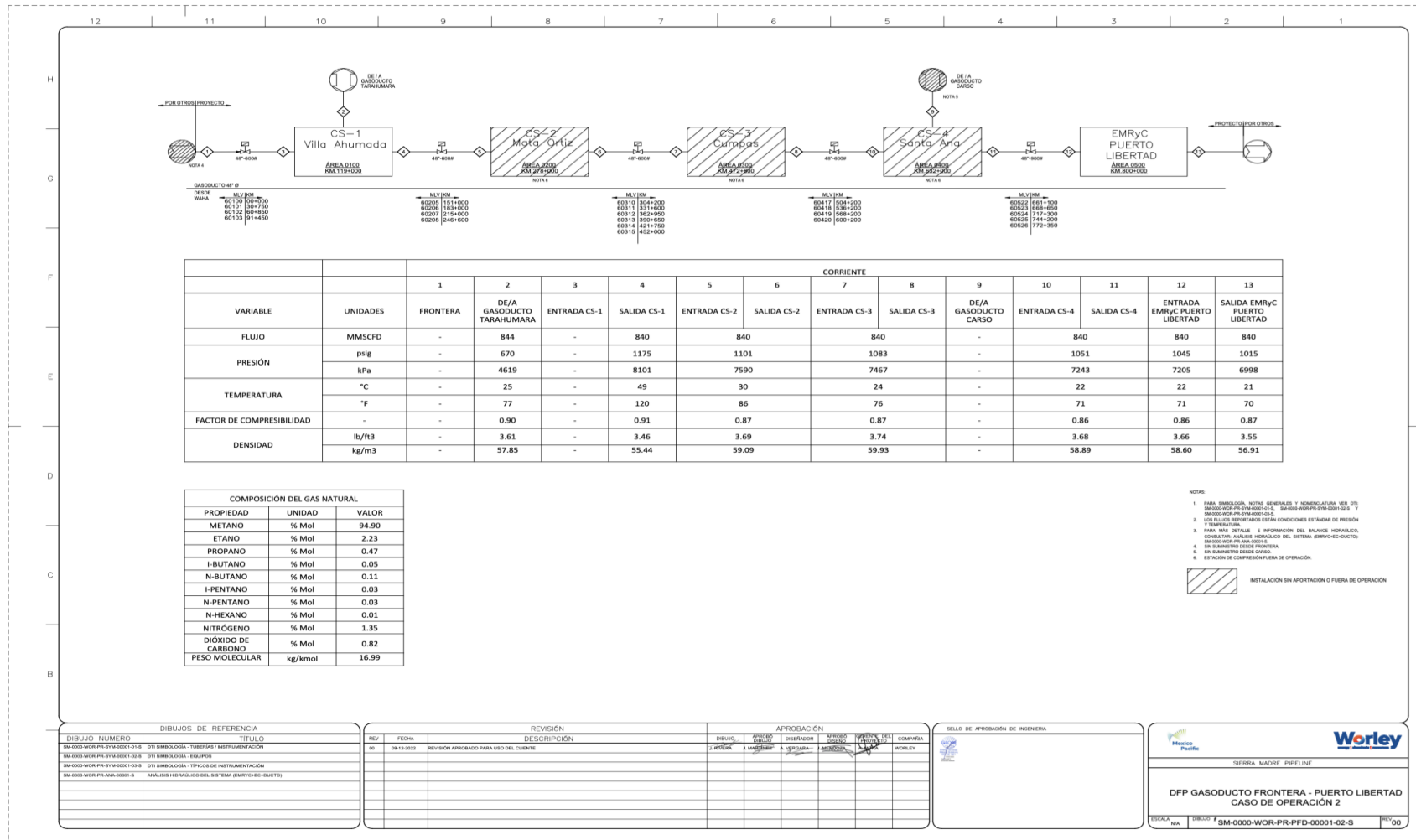
ESTUDIO DE RIESGO PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 8. Diagrama de flujo de proceso escenario 1



ESTUDIO DE RIESGO PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 9. Diagrama de flujo de proceso escenario 2



ESTUDIO DE RIESGO PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 10. Diagrama de flujo de proceso escenario 3

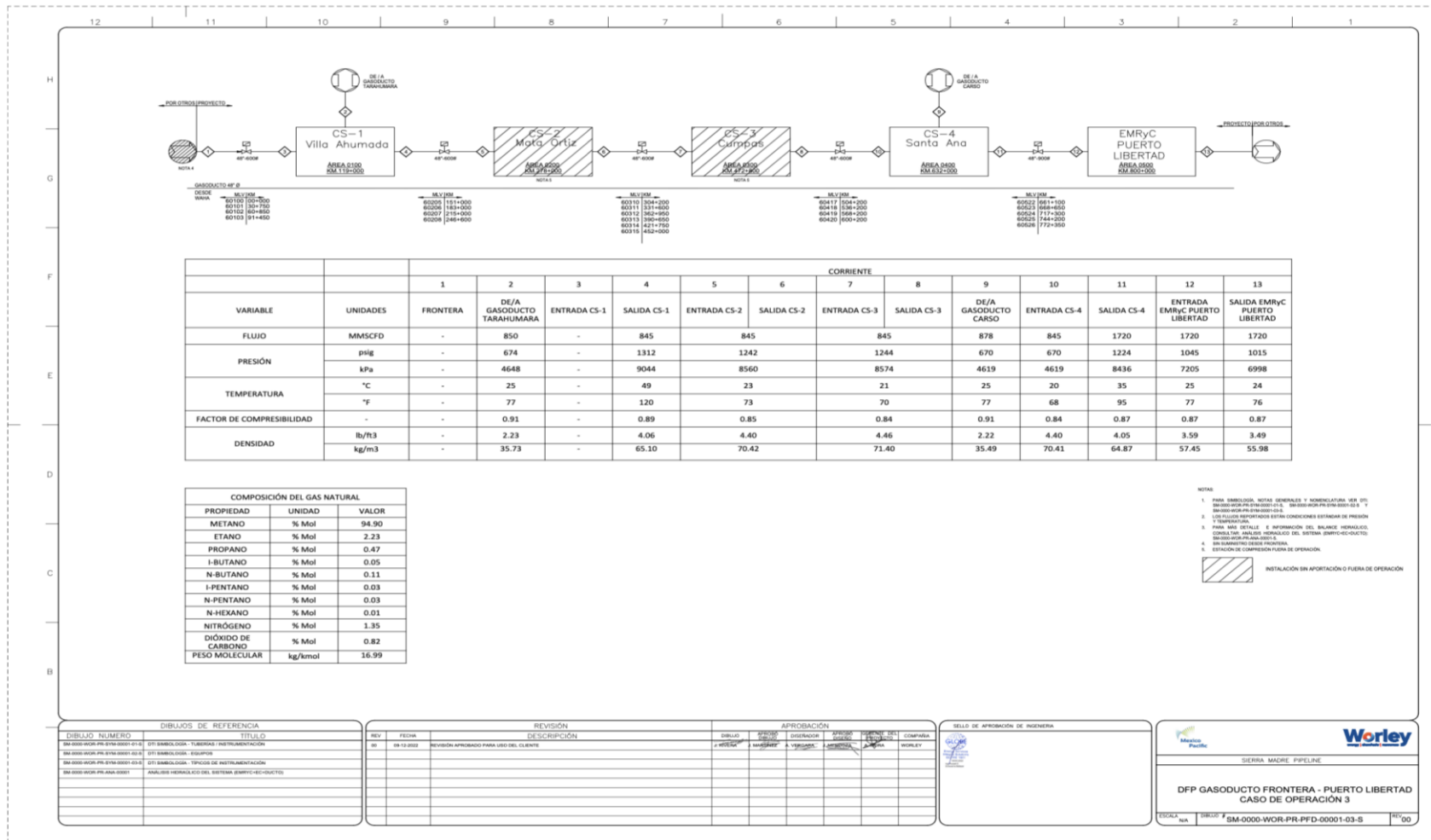


Figura. 11. Diagrama de flujo de proceso escenario 4



ESTUDIO DE RIESGO PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 12. Diagrama de flujo de proceso escenario 5

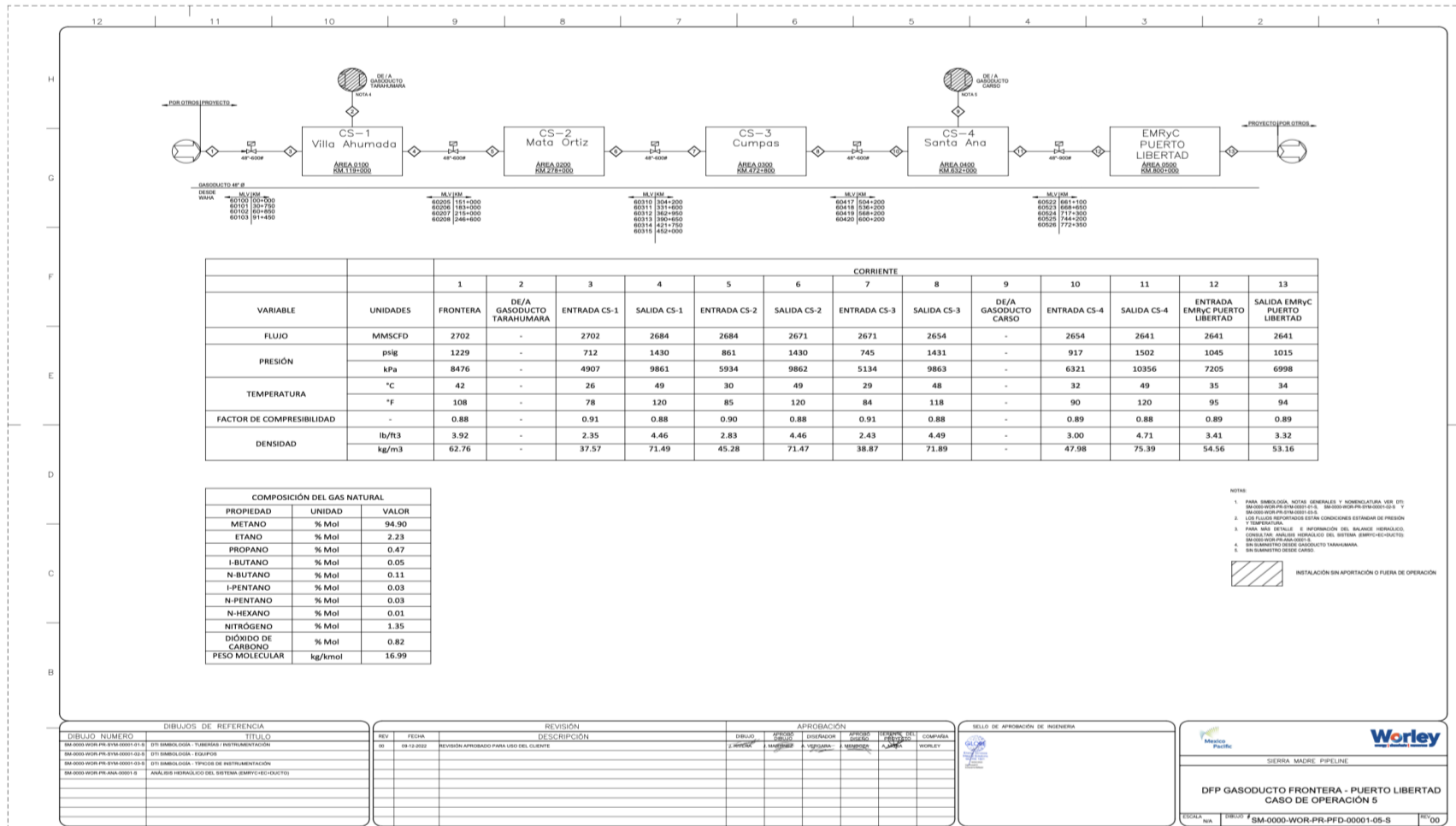
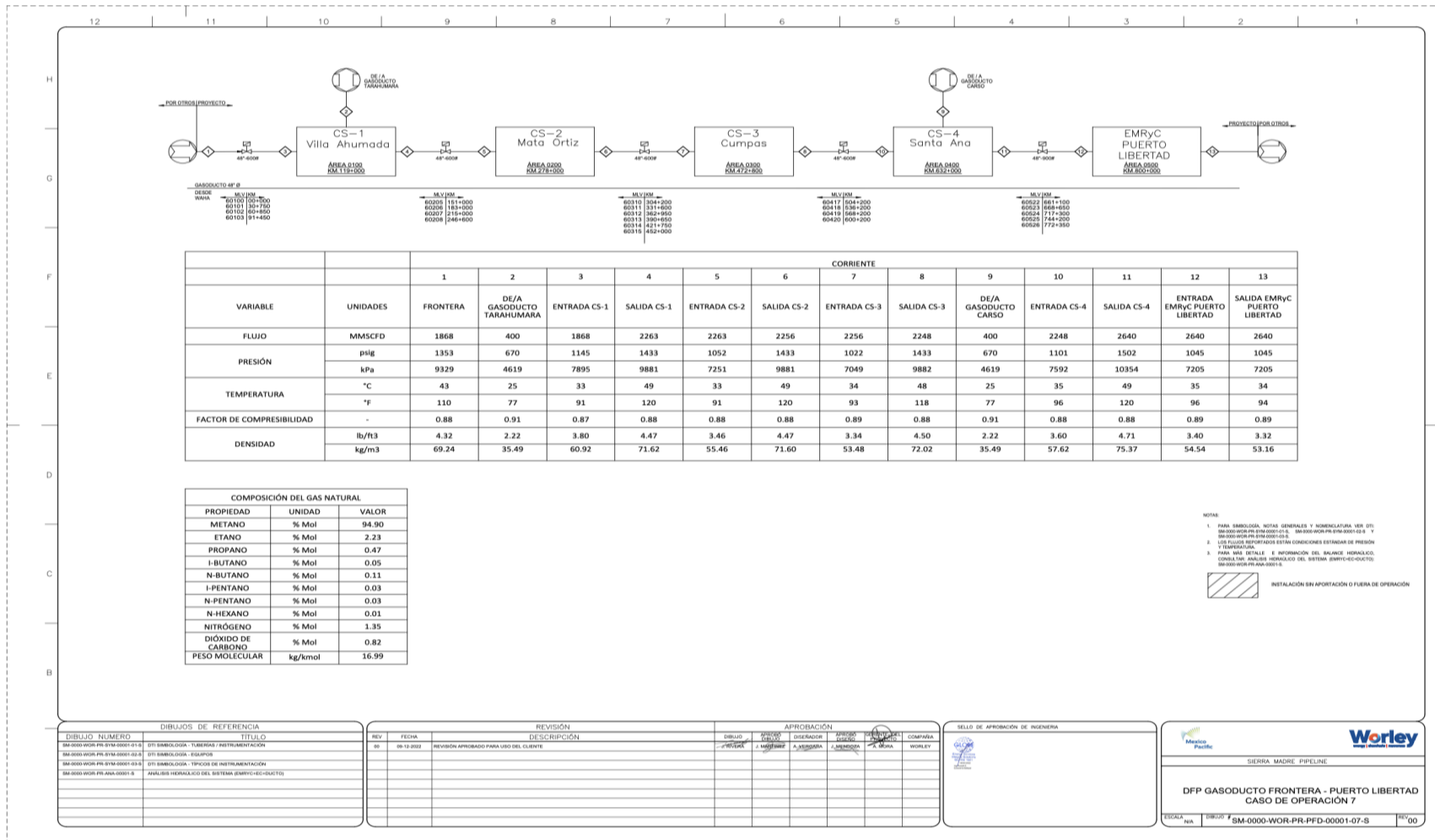


Figura. 13. Diagrama de flujo de proceso escenario 6



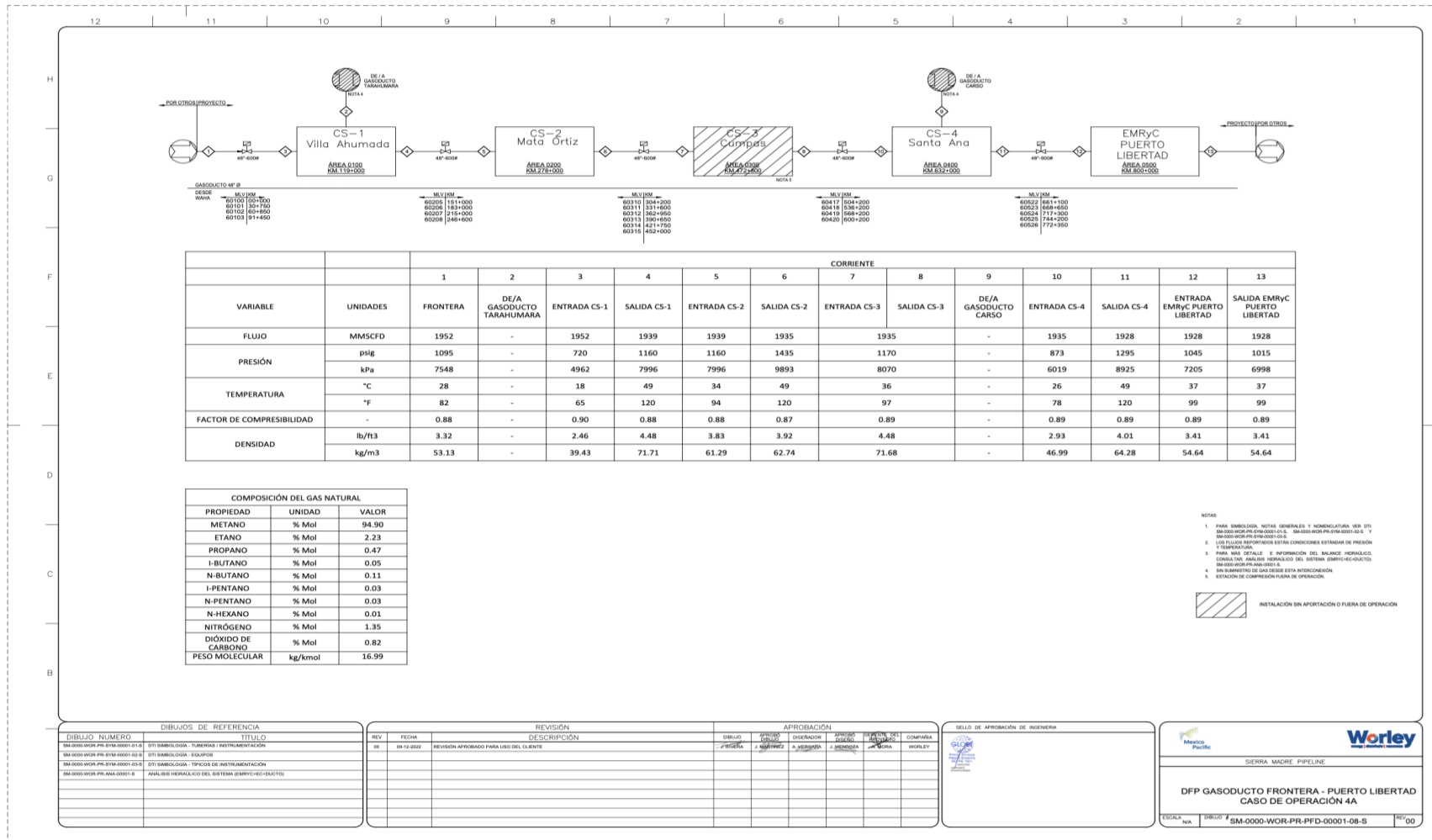
ESTUDIO DE RIESGO PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 14. Diagrama de flujo de proceso escenario 7



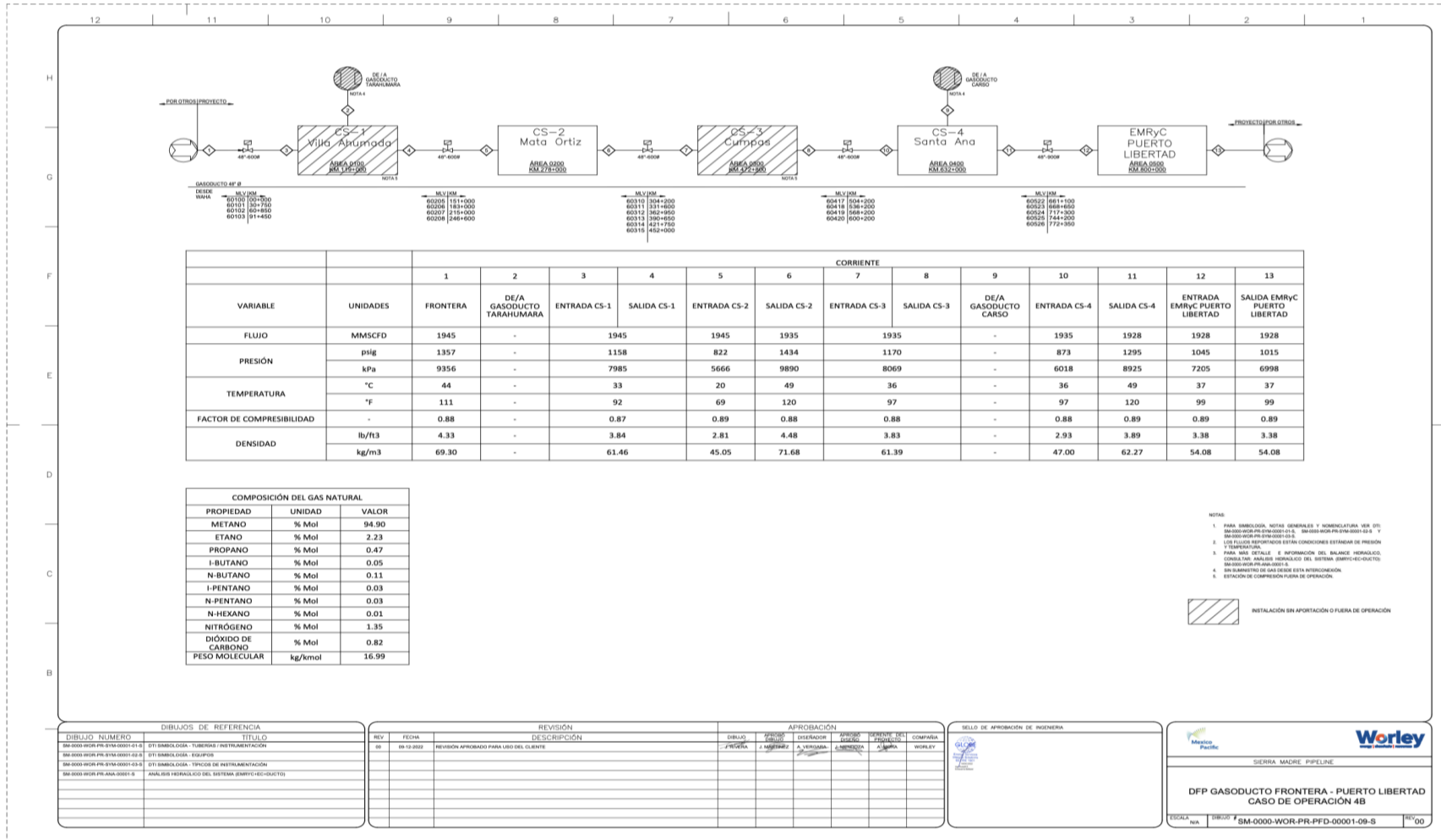
ESTUDIO DE RIESGO PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 15. Diagrama de flujo de proceso escenario 4A



ESTUDIO DE RIESGO PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 16. Diagrama de flujo de proceso escenario 4B



ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

D.2. Sistema de Filtración

El gas natural se ingresa a los filtros separadores que deberán tener una eficiencia para remover el 99.8% de partículas sólidas y líquidas de 1.0 micras y mayores. Posteriormente, los hidrocarburos condensados se enviarán al tanque de condensados, en donde se almacenan para su disposición. Los filtros separadores estarán diseñados para la capacidad requerida para cumplir con los siguientes arreglos en cada estación.

Tabla 29. Sistemas de filtración

Estación	Escenario	Arreglo	Número total de filtro
CS1	Escenario 2: alimentación de 850 MMPCSD de Tarahumara	2+0	7
	Escenario 4: alimentación de 2700 MMPCSD de frontera	4+1	
CS2	Alimentación 2700 MMPCSD desde CS1	4+1	5
CS3	Alimentación 2700 MMPCSD desde CS2	4+1	5
CS4	Escenario 2: alimentación de 880 MMPCSD de Carso	2+0	7
	Escenario 4: alimentación de 2700 MMPCSD de frontera	4+1	
EMRyC	Alimentación 2700 MMPCSD desde CS2	4+1	5

Los filtros estarán constituidos por dos secciones una filtrante y la otra con un eliminador de niebla. El líquido separado de la corriente de gas se recolectará en una pierna de condensados que contará con un sistema de control de nivel para permitir el drenado del filtro, además se instalarán transmisores de nivel que enviarán señal de alto-alto y bajo-bajo nivel, alarmando en el cuarto de control. Como medida de protección del sistema se instalarán indicadores de flujo en las líneas de condensado de cada filtro que enviarán señal por alto flujo al sistema de control en donde alarmará, esta alarma previene al operador de la posibilidad de una fuga de gas natural por la línea de condensado. En caso de presentarse cualquiera de estas situaciones el sistema de control hará el paro de la estación sin venteo. Como medida de seguridad, en caso de sobrepresión cada filtro tendrá una válvula de seguridad.

Cada filtro separador debe ser diseñado de acuerdo con el Código ASME Sección VIII División 1 y deberán contar con el sello “U”.

D.3. Control de flujo

Para las Estaciones de Compresión **CS-1** y **CS-4**, la regulación de flujo será corriente arriba del correspondiente patín de medición, en tanto que, para la **EMRyC** de Puerto Libertad, la regulación de flujo será corriente abajo del patín de medición.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Tabla 30. Patines de regulación

Estación	Arreglo	Número total de equipos		Flujo de operación por tren	Observaciones
		Patines	Trenes		
CS1	1+1	1	2	845 MMPCSD	El patín podrá operar de manera bidireccional para el envío de producto hacia el Gasoducto Tarahumara.
CS4	1+1+1	1	3	880 MMPCSD	El patín podrá operar de manera bidireccional para el envío de producto hacia el Gasoducto Carso.
EMRyC	1+1	1	2	2834 MMPCSD	--

Los niveles de ruido para el paquete deben cumplir con la norma oficial mexicana NOM-011-STPS-2001, por lo que el límite de ruido debe ser por debajo de los 85 dB.

D.4. Medición

Posterior a la regulación, se requiere una etapa de fiscalización o medición de flujo, para lo cual el gas pasa a los medidores de gas tipo ultrasónicos. En la estación de compresión 1 (CS-1), se tendrá medición de flujo de manera independiente para los suministros de gas del ducto de Tarahumara y proveniente de frontera

Dependiendo de la alimentación, se tienen los siguientes escenarios

Tabla 31. Patines de medición

Estación	Escenario	Arreglo	Flujo de operación por tren	Observaciones
CS1	Escenario 2: alimentación de Tarahumara	2+1	423 MMPCSD	El patín podrá operar de manera bidireccional para el envío de producto hacia el Gasoducto Tarahumara
CS4	Escenario 4: alimentación de la frontera	4+1	671 MMPCSD	--
	Escenario 2: alimentación de Carso	2+1	440 MMPCSD	El patín podrá operar de manera bidireccional para el envío de producto hacia el Gasoducto Samalayuca - Sásabe.
EMRyC	Alimentación de CS-4	4+1	708.5 MMPCSD	--

NOTA: Durante la Ingeniería de Detalle se definirá la mejor alternativa en el número de trenes de los patines de medición.

Agua abajo del medidor de flujo se debe tener termo pozos, RTD's, válvulas manuales y válvula motorizada, así como un transmisor indicador de presión (PIT) y un transmisor indicador de temperatura (TIT), los cuales se deben comunicar con el computador de flujo (FQI) para realizar las correcciones correspondientes para la medición de flujo. Cada tren de medición debe tener un

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

acondicionador de flujo antes del medidor, con la finalidad de generar un flujo laminar y de esta manera evitar turbulencia, mejorando la medición.

Los trenes del patín de medición para el producto del Gasoducto Tarahumara en la estación CS-1 y para el producto del Gasoducto de Carso en la estación CS-4, contarán con dos acondicionadores de flujo (aguas arriba y aguas abajo del medidor de flujo ultrasónico), con la finalidad de permitir la medición bidireccional.

Los medidores de flujo deben estar certificados para transferencia de custodia y diseñados bajo lo indicado en el AGA 9 Report.

Los patines de medición, regulación, computadores de flujo, analizadores y cromatógrafos, así como todos los componentes que forman parte del suministro, deberán cumplir con los lineamientos y normas mexicanas respecto al diseño, control volumétrico, etc., la normativa aplicable vigente es: DACG RES/776/2015, Miscelánea Fiscal 2022 y Anexo 30 de la Miscelánea Fiscal, regulaciones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, vigentes a la entrada en operación del proyecto.

D.5. Sistema de Analizador de Gases

Aguas abajo de los patines de medición en las estaciones **CS-1**, **CS-4** y **EMRyC**, se tendrá el sistema de medición de la calidad del gas, con el fin de conocer la composición del gas. Este sistema deberá dar cumplimiento a la norma **NOM-001-SECRE-2010**, por lo que incluirá los siguientes elementos:

- Analizador de H₂S y Azufre Total
- Analizador de O₂
- Analizador de humedad (H₂O)
- Cromatógrafo de gases hasta de C⁹⁺, incluyendo CO₂ y N₂

México Pacific (MP) solicitará al transportista americano que realice la medición de estos mismos parámetros antes de cruzar la frontera, así como el envío de estas señales de flujo y calidad hacia el Sistema de Control de Proceso (SCP) del lado mexicano, aun cuando se tendrá medición fiscal del lado mexicano en la CS-1, con el propósito de garantizar el cumplimiento de las regulaciones mexicanas.

D.6. Sistema de Compresión de Gas

Como se indicó con anterioridad, las nuevas infraestructuras (línea de transporte de gas natural e instalaciones asociadas) serán diseñadas para una presión de 1440 psig (a excepción de la **CS-4**, el tramo de gasoducto hacia Puerto Libertad y la descarga de los compresores, que será para 900 libras

ANSI), cuidando de alcanzar un mayor aporte de flujo en condiciones ambientales óptimas, garantizando una presión de llegada a la Terminal GNL de Sonora en Puerto Libertad de 72 barg (1045 psig) y 2834 MMPCSD. El rango de temperatura esperado será desde 10 a 49 °C (50 a 120 °F).

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

En las estaciones **CS-1**, **CS-2**, **CS-3** y **CS-4**, el gas se envía al compresor que succiona el gas a una presión máxima de 7929 kPa (1150 psig) y un rango de temperatura desde 10 a 49 °C (50 a 120 °F). Este equipo incrementará la presión del gas hasta un rango de 8170 a 9928 kPa (1185 a 1440 psig) para las estaciones **CS-1**, **CS-2** y **CS-3**, y de 7419 a 10845 kPa (1076 a 1573 psig) para la estación **CS-4**; dependiendo del escenario operativo.

La capacidad de operación de los equipos estará basada en un arreglo 3+1, con un flujo nominal de 950 MMPCSD por turbocompresor, para lograr un flujo máximo de 2850 MMPCSD.

Los compresores mencionados deberán estar diseñados bajo el código API 616 Gas Turbines for the Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services, API 618 Reciprocating Compressors for Petroleum, Chemical, and Gas Industry Services y API 617 Axial and Centrifugal Compressors and Expander- compressors en su última edición.

Los niveles de ruido para el paquete deben cumplir con la norma oficial mexicana NOM-011-STPS-2001, por lo que el límite máximo de ruido es de 85 dB.

D.7. Enfriamiento de Gas Natural

El gas comprimido pasa a través de los Aero enfriadores, cada uno dedicado para cada turbocompresor, en donde se disminuye la temperatura del gas a 49 °C (120 °F). La capacidad máxima de los Aero enfriadores corresponderá al flujo en la condición de máxima diferencia de presión de succión y descarga del compresor o relación de compresión

La caída de presión máxima para el Aero enfriador debe ser de 10 psi en condiciones normales de operación. La capacidad nominal de cada Aero enfriador es de 950 MMPCSD, para lograr un flujo máximo de 2850 MMPCSD.

Los Aero enfriadores no deberán exceder el nivel de ruido de los 85 dB a 0.91m. El sistema de enfriamiento deberá tener instrumentación local (manómetros y termómetros), transmisores de temperatura y presión en la descarga de cada enfriador. El control y monitoreo de las señales de presión y temperatura se realizará en el sistema de control de proceso.

Los Aero enfriadores deberán estar constituidos con bahías y con motores eléctricos, los cuales deben accionarse escalonadamente en función de la señal de temperatura del transmisor en la descarga cumpliendo con la temperatura deseada a la salida de los equipos. Cada bahía de enfriamiento deberá contar con líneas de dren y venteo para eventos de mantenimiento. Los motores de los ventiladores deberán tener botones para paro y arranque local, así mismo, deberán estar configurados para poder ser operados de manera remota a través del **SCP**. Los motores y ventiladores deberán tener sensores de transmisión de vibración que deberán enviar señal al Cuarto de Control de Motores (**CCM**) y a su vez al **SCP**, adicionalmente deberán contar con alarmas por alta vibración, que enviarán a los relevadores de protección de los motores en el **CCM**.

Se debe considerar las condiciones climatológicas descritas en el apartado 6.1.1 de este documento para el dimensionamiento del equipo, el cual deberá ser validado con apoyo del software HTRI.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

D.8. Trampa de Diablos

Se contará con trampas de diablos de envío y recibo en las Estaciones de Compresión y trampa de recibo en la **EMRyC** de Puerto Libertad, para corridas de limpieza y diablo instrumentado.

Las dimensiones de cada trampa serán de 56"x48", de acuerdo con las dimensiones del Gasoducto. Las Trampas de Diablos estarán instrumentadas con un Indicador de Presión local e Indicador de Paso de Diablo Intrusivo. Contarán con líneas de venteo manual, pateo y/o desvío y drenado. El diseño de las Trampas de Diablos será de acuerdo con ASME B31.8 y Tapa de Apertura Rápida ASME VIII. Las Trampas de Diablos compartidas en las estaciones **CS-1**, **CS-2** y **CS-3**, así como la Trampa de recepción de la estación **CS-4**; serán de tipo portátiles ANSI 600#. Por su parte, la Trampa de recibo de la **EMRyC** y la Trampa de envío de la estación **CS-4** serán de tipo fijas y ANSI 900#.

D.9. Sistema de gas combustible a Turbocompresor

El sistema de gas combustible de cada Estación de Compresión consistirá en cuatro (4) paquetes de acondicionamiento de gas combustible para el accionamiento de las turbinas.

Cada paquete estará integrado por:

- Dos filtros separadores verticales en arreglo 1+1.
- Dos calentadores eléctricos de gas en arreglo 1+1.
- Dos válvulas de regulación de presión tipo monitor, en arreglo 1+1.

D.10. Sistema de gas de sellos

El sistema de gas de sellos forma parte del paquete del turbocompresor por lo que no se considera un acondicionamiento adicional.

D.11. Sistema de recuperación de condensados

El sistema de recuperación de condensados de las estaciones de compresión y de la **EMRyC** estará integrado por un tanque cilíndrico horizontal y la función es recolectar los condensados provenientes del sistema de filtración de gas natural, del paquete de acondicionamiento de gas combustible y servicios auxiliares de la turbina de gas.

El tanque deberá estar construido con material de acero al carbón, el cual debe incluir un transmisor indicador de nivel, un indicador de nivel, un indicador de presión, así mismo una línea de venteo con arrestador de flama. Para la operación de vaciado de dicho tanque se usarán bombas de doble diafragma operadas con aire de planta, para enviar los drenajes aceitosos a autotanques y llevarlos fuera de la instalación para su disposición por otros.

La fabricación del recipiente de condensados debe cumplir con lo indicado en el código ASME Sección VIII División 1.

D.12. Sistema de drenaje aceitoso

El sistema de drenaje aceitoso de las Estación de Compresión **CS-1** a **CS-4** consistirá en un tanque cilíndrico horizontal, la función de este tanque es la recolección de aceite vertido en las charolas de

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

contención de la turbina de gas. Este tanque debe ser construido con material de acero al carbón, el cual debe contar con un transmisor indicador de nivel y alarma por alto nivel. Para la operación de vaciado de dicho tanque se usarán bombas de doble diafragma operadas con aire de planta, para enviar los drenajes aceitosos a autotanques y llevarlos fuera de la instalación para su disposición por otros.

La fabricación del recipiente de drenaje aceitoso debe cumplir con lo indicado en el código ASME Sección VIII División 1.

D.13. Sistema de generación de energía

Las estaciones de compresión serán instalaciones autónomas, es decir, el suministro de la energía se proporcionará por medio de generadores reciprocantes a gas natural, con capacidad para alimentar todas las cargas de la estación. Estos generadores se interconectarán a un tablero de distribución principal del cual a su vez se alimentará a los centros de control de motores de los turbocompresores y servicios generales.

Adicionalmente, las estaciones de compresión dispondrán de un sistema de generación para el suministro de energía de emergencia el cual estará compuesto por un generador de energía eléctrica de tipo alternativo 100% alimentación por combustible diésel con capacidad suficiente para garantizar el funcionamiento seguro de los servicios generales de la estación de compresión durante ocho (8) horas.

Para cada estación de compresión se tendrán los siguientes generadores:

- Para las Estaciones de Compresión **CS-1, CS-2 y CS-3** se tendrán cuatro (4) Generadores a gas de 1.40 MW cada uno (arreglo 3+1), más un (1) generador Diésel de 0.825 MW (respaldo para los servicios auxiliares y sistemas esenciales).
- Para la Estación de Compresión **CS-4** se tendrán cinco (5) Generadores a gas de 1.40 MW cada uno, más un (1) generador Diesel de 0.825 MW (respaldo para los servicios auxiliares y sistemas esenciales).
- Para la **EMRyC** de Puerto Libertad se tendrá un (1) Generador a gas de 0.05 MW para satisfacer de manera segura la demanda eléctrica de los servicios dentro del predio asignado por la Terminal GNL de Sonora en Puerto Libertad, como tablero de alumbrado interior/exterior, gabinete de Telecom, instrumentación, CCTV y accionamiento de válvulas y patines, así como corriente para el sistema de protección catódica.

La generación eléctrica será en 480 V, 3 fases, 4 hilos, 60 hz. Cada generador a gas será del tipo encabinado, con sistema de enfriamiento integrado. Su operación será de manera continua, dependiendo de los requerimientos de compresión establecidos en cada estación.

El generador de emergencia a diésel también será del tipo encabinado con arranque automático al fallo, en 480/277 Volts, 3 fases 4 hilos, 60 Hz. Los generadores a diésel deberán contar con un tanque de almacenamiento de diésel con la capacidad necesaria para que en caso de emergencia se garantice el funcionamiento seguro de la estación de compresión durante 8 horas seguidas. El generador de emergencia deberá tener un tablero de control en gabinete NEMA 12, el cual deberá

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

contar con un indicador de fecha, hora de inicio, hora de término y tiempo de duración de cada arranque de la planta.

Además, por cada estación de compresión y **EMRyC** se deberá incluir un banco automático de carga, así como un paquete de acondicionamiento de gas combustible para generadores (uno por cada generador a gas), con temperatura y presión de diseño de 150°C y 1440 psig y capacidad de 444 Nm³/h.

Dependiendo de los requerimientos del Proyecto, el alcance incluye: diseño del sistema de generación eléctrica autónoma, considerando los equipos de control y protección eléctrica requeridas, suministro, instalación, interconexión, prueba y puesta en operación de los equipos mencionados, monitoreo de las variables de temperatura del gas de entrada, presión del gas de entrada, potencia real, corriente, voltaje y frecuencia en el **SCP**.

Así mismo, el alcance del Proyecto incluye el diseño e instalación de 23 termo generadores para el sistema de generación eléctrica para las diferentes instalaciones de las válvulas **MLV** distribuidas a lo largo de los 800 km del ducto de 48”, y sin considerar las **MLV’s** ubicadas dentro de las estaciones de compresión. Los termo generadores alimentarán el sistema **SCADA** y **UTR’s** (el alumbrado exterior será con luminarias alimentadas por energía solar tipo All in one). Cada termo generador será de 0.55 kW.

Se deberán considerar los siguientes requerimientos para el sistema:

- La tensión de generación del sistema deberá ser a 24 VCD
- Contar con una fuente de respaldo de energía en caso de falla del sistema del tipo baterías de níquel-cadmio con tiempo de respaldo de 12 horas.
- Contar con un tablero o sistema dentro del tablero de control principal para la transferencia de la fuente principal a fuente de respaldo de manera automática en caso de falla del suministro de energía principal.
- Tipo de combustible: gas natural.
- Se deberá considerar el sistema para acondicionamiento de gas combustible. Los componentes mínimos que deben ser incluidos como parte del suministro de los termo generadores se indican a continuación:
 - Válvula de corte de combustible
 - Regulador de presión
 - Medidor de presión de gas
 - Válvula de alivio de presión
 - Filtro de gas coalescente
 - Cajas de conexiones a prueba de explosión
- Gabinete fabricado en acero inoxidable.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

- Enfriamiento por convección natural o convección forzada, según sea requerido para garantizar la funcionalidad de los componentes.
- El tipo de estructura deberá ser auto soportada o contar con todos accesorios para el montaje correcto del sistema; el material del sistema de montaje o soporte deberá ser de acero inoxidable o aluminio.
- Contar con capacidad para monitoreo vía sistema **SCADA** por medio de las UTR's con señal dura de 24 VCD.

D.14. Sistema de venteo

El sistema de venteo de emergencia debe ser mediante una columna de venteo ubicada en cada Estación de Compresión **CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4**; el cual debe permitir ventear a la atmosfera durante un evento no deseado en los módulos de compresión, activándose las válvulas BDV. Las válvulas que integran el sistema de desfogue (BDV) serán controladas por el Sistema de Paro de Emergencia (SPE). El sistema de desfogues debe estar integrado por dos cabezales uno en baja presión y otro en alta presión.

Se considera mantener un valor menor a 0.7 Mach para el dimensionamiento de la tubería de salida de la BDV's; lo anterior de acuerdo con los lineamientos normativos aplicables a sistemas de relevo.

La descarga de la columna de venteo debe estar al menos 30 metros de distancia de los turbocompresores y a 15 metros de cualquier instalación. La elevación a la cual descargará la columna de venteo debe estar al menos 3 metros por encima de cualquier estructura, equipo o edificio dentro de la instalación.

El sistema de venteo debe tener la capacidad de reducir la presión hasta el 50% de la presión inicial en 15 minutos de acuerdo con las recomendaciones de API 521 – Presión de relevo y sistemas de despresurización.

D.15. Sistema de recuperación de gas de venteo

Para los venteos programados ya sea por mantenimiento o alguna maniobra operativa se tiene considerado un sistema de recuperación de gas, el cual recolectará las líneas de venteo de los equipos a lo largo de la planta para conducirlos a un tanque knock-out/acumulador.

El recipiente debe contar con un indicador de presión, un indicador de nivel, una línea de purga de condensados, válvula de alivio de presión (PSV) y línea de venteo para mantenimiento del equipo.

La fabricación del recipiente debe cumplir con lo indicado en el código ASME Sección VIII División 1. El tanque será interconectado a la línea de succión de un compresor de recuperación de gas, el cual suministrará la presión necesaria para poder integrar su descarga al cabezal de alta presión de descarga de Turbocompresores.

D.16. Sistema de aire de instrumentos y aire de planta

Cada Estación de Compresión (**CS-1, CS-2, CS-3 y CS-4**) contará con un Sistema de Aire Comprimido que deberá tener la capacidad requerida para los servicios de aire de planta y de

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

instrumentos. Este paquete incluirá dos compresores tipo tornillo, diseñados en apego a la norma ISO 10440-2. La descarga de los compresores se proyecta, por una parte, al sistema de secado y por otra, al Tanque de aire de planta.

El sistema de secado será de tipo regenerativo con torres duales sin calentamiento a una presión de rocío de -40°C (-40°F). Deberá contar con todas sus tuberías, válvulas e instrumentos, alarma y contactos consecutivos con interface a los controles de la estación. Las secadoras de aire serán diseñadas y fabricadas cumpliendo con la norma de referencia ISO 7183:2007. La pureza del aire comprimido para instrumentos en el punto de utilización debe cumplir con la clase ISO 8573-1 (tamaño de partícula de 1 micrón, punto de rocío -40°C , concentración total de aceite $<0.01\text{ mg/m}^3$); a 7.0 kg/cm^2 (100 psig). Las torres de secado y filtros deberán ser diseñadas de acuerdo con el código ASME Sección VIII División 1.

Se contará con un tanque para acumular aire de instrumentos y uno para acumular aire de planta, los cuales deben ser adecuados para operar a la intemperie, en un ambiente desértico arenoso, para ser instalados y anclados en posición vertical en una cimentación de concreto armado, con tapas semi-elípticas 2:1. El diseño, fabricación, inspección, será de acuerdo con el código ASME sección VIII división 1, deberá ser estampado ASME y con registro NBIC.

Deberán suministrarse válvulas de aislamiento y ventilación de tal modo que cada compresor y secador de aire puedan ser aislados para su mantenimiento, mientras que el sistema sigue operando. La segunda unidad está diseñada para brindar respaldo al 100%.

Los paquetes de aire comprimido son completamente autónomos, con todos los controles y arrancadores del motor eléctrico. La función del control principal del compresor deberá estar dentro del sistema de control suministrado por el proveedor y completamente autónomo.

Los paneles de control deben comunicarse entre sí y determinar cuál compresor de aire debe operar. Debe suministrarse corriente trifásica de 480 VCA al compresor. Cada compresor debe tener alarma y contactos de estado con interface a los controles de la planta/estación.

Como mínimo, cada paquete de aire comprimido estará conformado por los siguientes equipos:

- Dos (2) Compresores de aire tipo tornillo rotativo
- Dos (2) Prefiltros de aire
- Dos (2) Paquetes de secadoras de aire tipo regeneración en frío
- Dos (2) Posfiltros de aire
- Un (1) Recipiente acumulador de aire de planta
- Un (1) Recipiente acumulador de aire de instrumentos

D.17. Sistema de agua de servicio

El sistema de agua de servicio debe incluir un tanque de almacenamiento de 10 m^3 de capacidad por cada estación de compresión y **EMRyC**, construido en polietileno de alta densidad, con acabado antibacterial, con tapa semi-elíptica y fondo plano, que asegure las necesidades de agua de las

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

tomas de servicio del taller y del área de campo, así como el volumen de agua requerido para la operación de las instalaciones dentro de los sanitarios y cuartos de aseo que están considerados en el arreglo arquitectónico. La demanda de agua se estimará con base en el número de personas (personal de operación, personal de servicio externo y visitantes) que se encuentren dentro de cada estación.

El sistema hidroneumático deberá contar con dos bombas centrífugas, una en operación y otra en espera, así como un tanque precargado con membrana. Dentro del alcance se debe incluir el suministro, selección, interconexión, prueba y puesta en operación del equipo hidroneumático, el cual es de tipo paquete.

Así mismo, para lavajitos y regaderas se deberán incluir filtros separadores de lecho profundo dúplex.

E. Filosofía de operación

A continuación, se indica la descripción del proceso para los componentes principales del ducto Frontera – Puerto Libertad, describiendo cada uno de los tramos entre las instalaciones superficiales y sus servicios auxiliares que garantizan la correcta funcionalidad del **STGN**.

E.1. Tramo Frontera – Estación de Compresión 1 (CS-1)

El tramo Frontera – **CS-1**, 48"-GN-60100-D0A2, está compuesto por cuatro válvulas de seccionamiento e inicia en la junta monolítica MDJ-10001 de 48" Ø donde aguas abajo se encuentra la primera válvula de seccionamiento MLV-60100 de 48" Ø ANS 600 en el km 0+000, aguas abajo se encuentra la segunda válvula de seccionamiento MLV-60101 de 48" Ø ANS 600 en el km 30+750, posterior a esta se encuentra la tercera válvula de seccionamiento MLV-60102 de 48" Ø ANS 600 en el km 60+850, por último se tiene la cuarta válvula de seccionamiento MLV-60103 de 48" Ø ANS 600 en el km 91+450. El tramo Frontera – **CS-1** contará con un sistema de protección catódica SPC a lo largo del gasoducto para protección contra la corrosión, por lo que se tendrán juntas aislantes en aquellos sistemas que requieran aislamiento eléctrico.

A continuación, se describe la filosofía de operación de las válvulas de seccionamiento, cabe mencionar que la operación para las cuatro es el mismo.

E.1.1. Operación normal

Las MLV-60100/101/102/103 serán actuadas mediante un actuador electrohidráulico y estarán conectadas de manera remota al **SCADA** mediante la UTR de la MLV.

Durante operación normal, la MLV estará completamente abierta y el operador tendrá la opción de accionamiento mediante las botoneras de apertura HSO-60100/101/102/103 y cierre HSC-60100/101/102/103. La MLV contará con un actuador electrohidráulico compuesto por un tanque acumulador de aceite, diseñado para tres carreras de apertura/cierre. El tanque acumulador de aceite contará con dispositivos de seguridad y monitoreo como, válvula de alivio, manómetro, indicador de nivel LG-60100/101/102/103 e interruptor de nivel LSL-60100/101/102/103; en caso de bajo nivel de aceite el LSL-60100/101/102/103 se activará enviando la señal al operador y no se podrá accionar el actuador hasta su restablecimiento.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

El actuador electrohidráulico será alimentado de aceite mediante la bomba BBA-60100/101/102/103 para su accionamiento quien recibirá la señal de apertura/cierre desde la UTR o localmente. La bomba BBA- 60100/101/102/103 tendrá indicadores locales y remotos de falla común Motor-Bomba que indicarán mediante el SCADA sobre el fallo y activará la señal color ámbar en el panel local de control. En caso de cierre de la **MLV** se activará la válvula solenoide SCV-60100/101/102/103 permitiendo el paso de aceite hacia el actuador. En caso de apertura se activará la válvula solenoide SOV-60100/101/102/103 para permitir el regreso del aceite al tanque de aceite y así poder abrir la MLV. Los actuadores de las **MLV**'s son de doble resorte y en caso de falla conservará la última posición (Fail Last).

El sistema hidráulico contará con un tanque de nitrógeno para evitar la formación de espuma en el aceite durante alguna carrera apertura/cierre.

Las MLV-60100/101/102/103 contará con las siguientes señales e instrumentos de monitoreo y control:

- HI-60100/101/102/103: Botonera de selección local/remoto
- ZIC-60100/101/102/103: Indicador de posición cerrado
- ZIO-60100/101/102/103: Indicador de posición abierto
- HSC-60100/101/102/103: Señal de cierre de válvula
- HSO-60100/101/102/103: Señal de apertura de válvula
- HSP-60100/101/102/103: Prueba de carrera parcial
- ZIP-60100/101/102/103: Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa)
- XI-60100/101/102/103: Panel local energizado
- PIT-60100A/101A/102A/103A: Transmisor indicador de presión
- PIT-60100B/101B/102B/103B: Transmisor indicador de presión
- TIT-60100/101/102/103: Transmisor indicador de temperatura
- PG-60100A/101A/102A/103A: Manómetro del by-pass
- PG-60100B/101B/102B/103B: Manómetro del sistema hidráulico
- PG-60100C/101C/102C/103C: Manómetro del sistema de nitrógeno
- IG-60100X/60101X/60102X/60103X: Juntas aislantes para protección del **SPC**.

Todas las señales de campo convergerán en una Junction Box que recolectará las señales de campo para posteriormente ser enviadas al cuarto del control de la **MLV**.

La MLV-60100/101/102/103 contará con un gabinete local con selectores e indicadores locales descritos a continuación:

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- HOA-60100/101/102/103: Selector para control local/remoto
- HS-60100/101/102/103: Apertura/cierre e inicio de prueba de carrera parcial
- XL-60100A/101A/102A/103A: Luz ámbar – Falla común de Motor-Bomba
- XL-60100B/101B/102B/103B: Luz ámbar – Prueba de carrera parcial exitosa
- XL-60100C/101C/102C/103C: Luz roja - cerrada
- XL-60100D/101D/102D/103D: Luz verde – abierta

E1.2. Operación durante la emergencia operativa

La MLV-60100/101/102/103 contará con una línea de by-pass, 16"-GN-60101-D0A1/16"-GN-60102-D0A1/16"-GN-60103-D0A1/16"-GN-60104-D0A1 que servirá como medio de venteo en caso de registrarse una emergencia operativa. De ser así, se cerrarán las MLV's que se encuentren a los extremos del tramo que presenta la emergencia y se abrirá la válvula de corte de 16" Ø del by-pass de la MLV correspondiente al extremo del tramo que se desea ventear. La razón de ventear es disminuir los esfuerzos a los que sea sometida la tubería y evitar una mayor propagación. El by-pass contará en los venteos con tapas de apertura rápida tipo "Davit".

De igual manera, las MLV-60100/101/102/103 contarán con un sistema de detección de ruptura de línea "Line Break" en caso de fuga de gas el cual supervisa continuamente la dinámica de la presión de la tubería para proporcionar una detección temprana de las roturas de la tubería e iniciará el movimiento automático del actuador a posición segura. Este mecanismo se da mediante el monitoreo de la presión de la línea mediante los Transmisores Indicadores de Presión PIT-60100A/101A/102A/103A y PIT-60100B/101B/102B/103B y su variación en una diferencia de tiempo finita. Si se detecta una variación creciente de la presión en un intervalo de tiempo constante se activará el sistema y es señal de ruptura de línea.

Aguas abajo de la MLV-60103 se encuentra la junta aislante MDJ-10421, la cual es la llegada a la estación de compresión CS-1.

E.2. Tramo Estación de Compresión 1 (CS-1) – Estación de Compresión 2 (CS-2)

El tramo CS-1 – CS-2, 48"-GN-60200-D0A2, está compuesto por cuatro válvulas de seccionamiento e inicia en la junta monolítica MDJ-10401 de 48" Ø a la salida de la CS-1 donde aguas abajo se encuentra la primera válvula de seccionamiento MLV-60205 de 48" Ø ANS 600 en el km 151+000, aguas abajo se encuentra la segunda válvula de seccionamiento MLV-60606 de 48" Ø ANS 600 en el km 183+000, posterior a esta se encuentra la tercera válvula de seccionamiento MLV-60207 de 48" Ø ANS 600 en el km 215+000, por último se tiene la cuarta válvula de seccionamiento MLV-60208 de 48" Ø ANS 600 en el km 264+600. El tramo **CS-1 – CS-2** contará con un sistema de protección catódica **SPC** a lo largo del gasoducto para protección contra la corrosión, por lo que se tendrán juntas aislantes en aquellos sistemas que requieran aislamiento eléctrico.

A continuación, se describe la filosofía de operación de las válvulas de seccionamiento, cabe mencionar que la operación para las cuatro es el mismo.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

E.2.1. Operación normal

Las MLV-60205/206/207/208 serán actuadas mediante un actuador electrohidráulico y estarán conectadas de manera remota al **SCADA** mediante la UTR de la MLV.

Durante operación normal, la **MLV** estará completamente abierta y el operador tendrá la opción de accionamiento mediante las botoneras de apertura HSO-60205/206/207/208 y cierre HSC-60205/206/207/208. La **MLV** contará con un actuador electrohidráulico compuesto por un tanque acumulador de aceite, diseñado para tres carreras de apertura/cierre. El tanque acumulador de aceite contará con dispositivos de seguridad y monitoreo como, válvula de alivio, manómetro, indicador de nivel LG-60205/206/207/208 e interruptor de nivel LSL-60205/206/207/208; en caso de bajo nivel de aceite el LSL-60205/206/207/208 se activará enviando la señal al operador y no se podrá accionar el actuador hasta su restablecimiento.

El actuador electrohidráulico será alimentado de aceite mediante la bomba BBA-60205/206/207/208 para su accionamiento quien recibirá la señal de apertura/cierre desde la UTR o localmente. La bomba BBA- 60205/206/207/208 tendrá indicadores locales y remotos de falla común Motor-Bomba que indicarán mediante el **SCADA** sobre el fallo y activará la señal color ámbar en el panel local de control. En caso de cierre de la **MLV** se activará la válvula solenoide SCV-60205/206/207/208 permitiendo el paso de aceite hacia el actuador. En caso de apertura se activará la válvula solenoide SOV-60205/206/207/208 para permitir el regreso del aceite al tanque de aceite y así poder abrir la MLV. Los actuadores de las **MLV's** son de doble resorte y en caso de falla conservará la última posición (Fail Last).

El sistema hidráulico contará con un tanque de nitrógeno para evitar la formación de espuma en el aceite durante alguna carrera apertura/cierre.

Las MLV-60205/206/207/208 contará con las siguientes señales e instrumentos de monitoreo y control:

- HI-60205/206/207/208: Botonera de selección local/remoto
- ZIC-60205/206/207/208: Indicador de posición cerrado
- ZIO-60205/206/207/208: Indicador de posición abierto
- HSC-60205/206/207/208: Señal de cierre de válvula
- HSO-60205/206/207/208: Señal de apertura de válvula
- HSP-60205/206/207/208: Prueba de carrera parcial
- ZIP-60205/206/207/208: Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa)
- XI-60205/206/207/208: Panel local energizado
- PIT-60205A/206A/207A/208A: Transmisor indicador de presión
- PIT-60205B/206B/207B/208B: Transmisor indicador de presión
- TIT-60205/206/207/208: Transmisor indicador de temperatura

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- PG-60205A/206A/207A/208A: Manómetro del by-pass
- PG-60205B/206B/207B/208B: Manómetro del sistema hidráulico
- PG-60205C/206C/207C/208C: Manómetro del sistema de nitrógeno
- IG-60205X/60206X/60207X/60208X: Juntas aislantes para protección del **SPC**.

Todas las señales de campo convergerán en una Junction Box que recolectará las señales de campo para posteriormente ser enviadas al cuarto del control de la **MLV**.

La MLV-60205/206/207/208 contará con un gabinete local con selectores e indicadores locales descritos a continuación:

- HOA-60205/206/207/208: Selector para control local/remoto
- HS-60205/206/207/208: Apertura/cierre e inicio de prueba de carrera parcial
- XL-60205A/206A/207A/208A: Luz ámbar – Falla común de Motor-Bomba
- XL-60205B/206B/207B/208B: Luz ámbar – Prueba de carrera parcial exitosa
- XL-60205C/206C/207C/208C: Luz roja - cerrada XL-60205D/206D/207D/208D: Luz verde – abierta

E.2.2. Operación durante la emergencia

La MLV-60205/206/207/208 contará con una línea de by-pass, 16”-GN-60206-D0A1/16”-GN-60207-D0A1/16”-GN-60208-D0A1/16”-GN-60209-D0A1 que servirá como medio de venteo en caso de registrarse una emergencia operativa. De ser así, se cerrarán las MLV’s que se encuentren a los extremos del tramo que presenta la emergencia y se abrirá la válvula de corte de 16” Ø del by-pass de la MLV correspondiente al extremo del tramo que se desea ventear. La razón de ventear es disminuir los esfuerzos a los que sea sometida la tubería y evitar una mayor propagación. El by-pass contará en los venteos con tapas de apertura rápida tipo “Davit”.

De igual manera, las MLV-60205/206/207/208 contarán con un sistema de detección de ruptura de línea “Line Break” en caso de fuga de gas el cual supervisa continuamente la dinámica de la presión de la tubería para proporcionar una detección temprana de las roturas de la tubería e iniciará el movimiento automático del actuador a posición segura. Este mecanismo se da mediante el monitoreo de la presión de la línea mediante los Transmisores Indicadores de Presión PIT-60205A/206A/207A/208A y PIT- 60205B/206B/207B/208B y su variación en una diferencia de tiempo finita. Si se detecta una variación creciente de la presión en un intervalo de tiempo constante se activará el sistema y es señal de ruptura de línea.

Aguas abajo de la MLV-60208 se encuentra la junta aislante MDJ-20421, la cual es la llegada a la estación de compresión 2 CS-2.

E.3. Tramo Estación de Compresión 2 (CS-2) – Estación de Compresión 3 (CS-3)

El tramo CS-2 – CS-3, 48”-GN-60300-D0A2, está compuesto por seis válvulas de seccionamiento e inicia en la junta monolítica MDJ-20401 de 48” Ø a la salida de la CS-2 donde aguas abajo se

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

encuentra la primera válvula de seccionamiento MLV-60310 de 48" Ø ANS 600 en el km 304+200 , aguas abajo se encuentra la segunda válvula de seccionamiento MLV-60311 de 48" Ø ANS 600 en el km 331+600, posterior a esta se encuentra la tercera válvula de seccionamiento MLV-60312 de 48" Ø ANS 600 en el km 362+950, continuando en el proceso se encuentra la cuarta válvula de seccionamiento MLV-60313 de 48" Ø ANS 600 en el km 390+650, posteriormente se encuentra la quinta válvula de seccionamiento MLV- 60314 de 48" Ø ANS 600 en el km 421+750 , por último se tiene la sexta válvula de seccionamiento MLV- 60315 de 48" Ø ANS 600 en el km 452+000. El tramo CS-2 – CS-3 contará con un sistema de protección catódica SPC a lo largo del gasoducto para protección contra la corrosión, por lo que se tendrán juntas aislantes en aquellos sistemas que requieran aislamiento eléctrico.

A continuación, se describe la filosofía de operación de las válvulas de seccionamiento, cabe mencionar que la operación para las cuatro es el mismo.

E.3.1. Operación normal

Las MLV-60310/311/312/313/314/315 serán actuadas mediante un actuador electrohidráulico y estarán conectadas de manera remota al **SCADA** mediante la UTR de la **MLV**.

Durante operación normal, la **MLV** estará completamente abierta y el operador tendrá la opción de accionamiento mediante las botoneras de apertura HSO-60310/311/312/313/314/315 y cierre HSC-60310/311/312/313/314/315. La MLV contará con un actuador electrohidráulico compuesto por un tanque acumulador de aceite, diseñado para tres carreras de apertura/cierre. El tanque acumulador de aceite contará con dispositivos de seguridad y monitoreo como, válvula de alivio, manómetro, indicador de nivel LG-60310/311/312/313/314/315 e interruptor de nivel LSL-60310/311/312/313/314/315; en caso de bajo nivel de aceite el LSL-60310/311/312/313/314/315 se activará enviando la señal al operador y no se podrá accionar el actuador hasta su restablecimiento.

El actuador electrohidráulico será alimentado de aceite mediante la bomba BBA-60310/311/312/313/314/315 para su accionamiento quien recibirá la señal de apertura/cierre desde la UTR o localmente. La bomba BBA-60310/311/312/313/314/315 tendrá indicadores locales y remotos de falla común Motor-Bomba que indicarán mediante el **SCADA** sobre el fallo y activará la señal color ámbar en el panel local de control. En caso de cierre de la **MLV** se activará la válvula solenoide SCV- 60310/311/312/313/314/315 permitiendo el paso de aceite hacia el actuador. En caso de apertura se activará la válvula solenoide SOV-60310/311/312/313/314/315 para permitir el regreso del aceite al tanque de aceite y así poder abrir la MLV. Los actuadores de las MLV's son de doble resorte y en caso de falla conservará la última posición (Fail Last).

El sistema hidráulico contará con un tanque de nitrógeno para evitar la formación de espuma en el aceite durante alguna carrera apertura/cierre.

Las MLV-60310/311/312/313/314/315 contará con las siguientes señales e instrumentos de monitoreo y control:

- HI-60310/311/312/313/314/315: Botonera de selección local/remoto
- ZIC-60310/311/312/313/314/315: Indicador de posición cerrado

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- ZIO-60310/311/312/313/314/315: Indicador de posición abierto
- HSC-60310/311/312/313/314/315: Señal de cierre de válvula
- HSO-60310/311/312/313/314/315: Señal de apertura de válvula
- HSP-60310/311/312/313/314/315: Prueba de carrera parcial
- ZIP-60310/311/312/313/314/315: Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa)
- XI-60310/311/312/313/314/315: Panel local energizado
- PIT-60310A/311A/312A/313A/314A/315A: Transmisor indicador de presión
- PIT-60310B/311B/312B/313B/314B/315B: Transmisor indicador de presión
- TIT-60310/311/312/313/314/315: Transmisor indicador de temperatura
- PG-60310A/311A/312A/313A/314A/315A: Manómetro del by-pass
- PG-60310B/311B/312B/313B/314B/315B: Manómetro del sistema hidráulico
- PG-60310C/311C/312C/313C/314C/315C: Manómetro del sistema de nitrógeno
- IG-60310X/311X/312X/313X/314X/315X: Juntas aislantes para protección del SPC.

Todas las señales de campo convergerán en una Junction Box que recolectará las señales de campo para posteriormente ser enviadas al cuarto del control de la MLV.

La MLV-60310/311/312/313/314/315 contará con un gabinete local con selectores e indicadores locales descritos a continuación:

- HOA-60310/311/312/313/314/315: Selector para control local/remoto
- HS-60310/311/312/313/314/315: Apertura/cierre e inicio de prueba de carrera parcial
- XL-60310A/311A/312A/313A/314A/315A: Luz ámbar – Falla común de Motor-Bomba
- XL-60310B/311B/312B/313B/314B/315B: Luz ámbar – Prueba de carrera parcial exitosa
- XL-60310C/311C/312C/313C/314C/315C: Luz roja - cerrada
- XL-60310D/311D/312D/313D/314D/315D: Luz verde – abierta –

E.3.2. Operación durante la emergencia

La MLV-60310/311/312/313/314/315 contará con una línea de by-pass, 16"-GN-60310-D0A1/16"-GN- 60311-D0A1/16"-GN-60312-D0A1/16"-GN-60313-D0A1/16"-GN-60314-D0A1/16"-GN-60315-D0A1/16"- GN-60316-D0A1 que servirá como medio de venteo en caso de registrarse una emergencia operativa. De ser así, se cerrarán las MLV's que se encuentren a los extremos del tramo que presenta la emergencia y se abrirá la válvula de corte de 16" Ø del by-pass de la MLV correspondiente al extremo del tramo que se desea ventear. La razón de ventear es disminuir los

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

esfuerzos a los que sea sometida la tubería y evitar una mayor propagación. El by-pass contará en los venteos con tapas de apertura rápida tipo “Davit”.

De igual manera, las MLV-60310/311/312/313/314/315 contarán con un sistema de detección de ruptura de línea “Line Break” en caso de fuga de gas el cual supervisa continuamente la dinámica de la presión de la tubería para proporcionar una detección temprana de las roturas de la tubería e iniciará el movimiento automático del actuador a posición segura. Este mecanismo se da mediante el monitoreo de la presión de la línea mediante los Transmisores Indicadores de Presión PIT-60310A/311A/312A/313A/314A/315A y PIT-60310B/311B/312B/313B/314B/315B y su variación en una diferencia de tiempo finita. Si se detecta una variación creciente de la presión en un intervalo de tiempo constante se activará el sistema y es señal de ruptura de línea.

Aguas abajo de la MLV-60315 se encuentra la junta aislante MDJ-30421, la cual es la llegada a la estación de compresión 3 CS-3.

E.4. Tramo Estación de Compresión 3 (CS-3) – Estación de Compresión 4 (CS-4)

El tramo CS-3 – CS-4, 48”-GN-60400-D0A2, está compuesto por cuatro válvulas de seccionamiento e inicia en la junta monolítica MDJ-30401 de 48” Ø a la salida de la CS-3 donde aguas abajo se encuentra la primera válvula de seccionamiento MLV-60417 de 48” Ø ANS 600 en el km 504+200 , aguas abajo se encuentra la segunda válvula de seccionamiento MLV-60418 de 48” Ø ANS 600 en el km 536+200, posterior a ésta se encuentra la tercera válvula de seccionamiento MLV-60419 de 48” Ø ANS 600 en el km 568+200, por último se tiene la cuarta válvula de seccionamiento MLV-60420 de 48” Ø ANS 600 en el km 600+200. El tramo **CS-3 – CS-4** contará con un sistema de protección catódica **SPC** a lo largo del gasoducto para protección contra la corrosión, por lo que se tendrán juntas aislantes en aquellos sistemas que requieran aislamiento eléctrico.

A continuación, se describe la filosofía de operación de las válvulas de seccionamiento, cabe mencionar que la operación para las cuatro es el mismo.

E.4.1. Operación normal

Las MLV-60417/418/419/420 serán actuadas mediante un actuador electrohidráulico y estarán conectadas de manera remota al **SCADA** mediante la UTR de la **MLV**.

Durante operación normal, la MLV estará completamente abierta y el operador tendrá la opción de accionamiento mediante las botoneras de apertura HSO-60417/418/419/420 y cierre HSC-60417/418/419/420. La **MLV** contará con un actuador electrohidráulico compuesto por un tanque acumulador de aceite, diseñado para tres carreras de apertura/cierre. El tanque acumulador de aceite contará con dispositivos de seguridad y monitoreo como, válvula de alivio, manómetro, indicador de nivel LG-60417/418/419/420 e interruptor de nivel LSL-60417/418/419/420; en caso de bajo nivel de aceite el LSL-60417/418/419/420 se activará enviando la señal al operador y no se podrá accionar el actuador hasta su restablecimiento.

El actuador electrohidráulico será alimentado de aceite mediante la bomba BBA-60417/418/419/420 para su accionamiento quien recibirá la señal de apertura/cierre desde la UTR o localmente. La bomba BBA- 60417/418/419/420 tendrá indicadores locales y remotos de falla común Motor-Bomba que indicarán mediante el **SCADA** sobre el fallo y activará la señal color ambar en el panel local de

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

control. En caso de cierre de la **MLV** se activará la válvula solenoide SCV-60417/418/419/420 permitiendo el paso de aceite hacia el actuador. En caso de apertura se activará la válvula solenoide SOV-60417/418/419/420 para permitir el regreso del aceite al tanque de aceite y así poder abrir la **MLV**. Los actuadores de las MLV's son de doble resorte y en caso de falla conservará la última posición (Fail Last).

El sistema hidráulico contará con un tanque de nitrógeno para evitar la formación de espuma en el aceite durante alguna carrera apertura/cierre.

Las MLV-60417/418/419/420 contará con las siguientes señales e instrumentos de monitoreo y control:

- HI-60417/418/419/420: Botonera de selección local/remoto
- ZIC-60417/418/419/420: Indicador de posición cerrado
- ZIO-60417/418/419/420: Indicador de posición abierto
- HSC-60417/418/419/420: Señal de cierre de válvula
- HSO-60417/418/419/420: Señal de apertura de válvula
- HSP-60417/418/419/420: Prueba de carrera parcial
- ZIP-60417/418/419/420: Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa)
- XI-60417/418/419/420: Panel local energizado
- PIT-60417A/418A/419A/420A: Transmisor indicador de presión
- PIT-60417B/418B/419B/420B: Transmisor indicador de presión
- TIT-60417/418/419/420: Transmisor indicador de temperatura
- PG-60417A/418A/419A/420A: Manómetro del by-pass
- PG-60417B/418B/419B/420B: Manómetro del sistema hidráulico
- PG-60417C/418C/419C/420C: Manómetro del sistema de nitrógeno
- G-60417X/418X/419X/420X: Juntas aislantes para protección del SPC.

Todas las señales de campo convergerán en una Junction Box que recolectará las señales de campo para posteriormente ser enviadas al cuarto del control de la **MLV**.

La MLV-60417/418/419/420 contará con un gabinete local con selectores e indicadores locales descritos a continuación:

- HOA-60417/418/419/420: Selector para control local/remoto
- HS-60417/418/419/420: Apertura/cierre e inicio de prueba de carrera parcial
- XL-60417A/418A/419A/420A: Luz ámbar – Falla común de Motor-Bomba

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- XL-60417B/418B/419B/420B: Luz ámbar – Prueba de carrera parcial exitosa
- XL-60417C/418C/419C/420C: Luz roja - cerrada
- XL-60417D/418D/419D/420D: Luz verde – abierta

E.4.2. Operación durante la emergencia operativa

La MLV-60417/418/419/420 contará con una línea de by-pass, 16"-GN-60417-D0A1/16"-GN-60418-D0A1/16"-GN-60419-D0A1/16"-GN-60420-D0A1 que servirá como medio de venteo en caso de registrarse una emergencia operativa. De ser así, se cerrarán las MLV's que se encuentren a los extremos del tramo que presenta la emergencia y se abrirá la válvula de corte de 16" Ø del by-pass de la MLV correspondiente al extremo del tramo que se desea ventear. La razón de ventear es disminuir los esfuerzos a los que sea sometida la tubería y evitar una mayor propagación. El by-pass contará en los venteos con tapas de apertura rápida tipo "Davit".

De igual manera, las MLV-60417/418/419/420 contarán con un sistema de detección de ruptura de línea "Line Break" en caso de fuga de gas el cual supervisa continuamente la dinámica de la presión de la tubería para proporcionar una detección temprana de las roturas de la tubería e iniciará el movimiento automático del actuador a posición segura. Este mecanismo se da mediante el monitoreo de la presión de la línea mediante los Transmisores Indicadores de Presión PIT-60417A/418A/419A/420A y PIT-60417B/418B/419B/420B y su variación en una diferencia de tiempo finita. Si se detecta una variación creciente de la presión en un intervalo de tiempo constante se activará el sistema y es señal de ruptura de línea.

Aguas abajo de la MLV-60420 se encuentra la junta aislante MDJ-40421, la cual es la llegada a la estación de compresión 4 CS-4.

E.5. Tramo Estación de Compresión 4 (CS-4) – Estación de Medición y Control EMRyC Puerto Libertad

El tramo **CS-4 – EMRyC Puerto Libertad**, 48"-GN-60500-D0A2, está compuesto por cinco válvulas de seccionamiento e inicia en la junta monolítica MDJ-40401 de 48" Ø a la salida de la CS-4 donde aguas abajo se encuentra la primera válvula de seccionamiento MLV-60522 de 48" Ø ANS 600 en el km 661+100, aguas abajo se encuentra la segunda válvula de seccionamiento MLV-60523 de 48" Ø ANS 600 en el km 688+650, posterior a esta se encuentra la tercera válvula de seccionamiento MLV-60524 de 48" Ø ANS 600 en el km 717+300, continuando en el proceso se encuentra la cuarta válvula de seccionamiento MLV-60525 de 48" Ø ANS 600 en el km 744+200, por último se tiene la quinta válvula de seccionamiento MLV-60420 de 48" Ø ANS 600 en el km 772+350. El tramo CS-4 – EMRyC Puerto Libertad contará con un sistema de protección catódica SPC a lo largo del gasoducto para protección contra la corrosión, por lo que se tendrán juntas aislantes en aquellos sistemas que requieran aislamiento eléctrico.

A continuación, se describe la filosofía de operación de las válvulas de seccionamiento, cabe mencionar que la operación para las cuatro es el mismo.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

E.5.1. Operación normal

Las MLV-60522/523/524/525/526 serán actuadas mediante un actuador electrohidráulico y estarán conectadas de manera remota al **SCADA** mediante la UTR de la **MLV**.

Durante operación normal, la **MLV** estará completamente abierta y el operador tendrá la opción de accionamiento mediante las botoneras de apertura HSO-60522/523/524/525/526 y cierre HSC-60522/523/524/525/526. La **MLV** contará con un actuador electrohidráulico compuesto por un tanque acumulador de aceite, diseñado para tres carreras de apertura/cierre. El tanque acumulador de aceite contará con dispositivos de seguridad y monitoreo como, válvula de alivio, manómetro, indicador de nivel LG-60522/523/524/525/526 e interruptor de nivel LSL-60522/523/524/525/526; en caso de bajo nivel de aceite el LSL-60522/523/524/525/526 se activará enviando la señal al operador y no se podrá accionar el actuador hasta su restablecimiento.

El actuador electrohidráulico será alimentado de aceite mediante la bomba BBA-60522/523/524/525/526 para su accionamiento quien recibirá la señal de apertura/cierre desde la UTR o localmente. La bomba BBA-60522/523/524/525/526 tendrá indicadores locales y remotos de falla común Motor-Bomba que indicarán mediante el SCADA sobre el fallo y activará la señal color ámbar en el panel local de control. En caso de cierre de la MLV se activará la válvula solenoide SCV-60522/523/524/525/526 permitiendo el paso de aceite hacia el actuador. En caso de apertura se activará la válvula solenoide SOV- 60522/523/524/525/526 para permitir el regreso del aceite al tanque de aceite y así poder abrir la **MLV**.

Los actuadores de las **MLV's** son de doble resorte y en caso de falla conservará la última posición (Fail Last).

El sistema hidráulico contará con un tanque de nitrógeno para evitar la formación de espuma en el aceite durante alguna carrera apertura/cierre.

Las MLV-60522/523/524/525/526 contará con las siguientes señales e instrumentos de monitoreo y control:

- HI-60522/523/524/525/526: Botonera de selección local/remoto
- ZIC-60522/523/524/525/526: Indicador de posición cerrado
- ZIO-60522/523/524/525/526: Indicador de posición abierto
- HSC-60522/523/524/525/526: Señal de cierre de válvula
- HSO-60522/523/524/525/526: Señal de apertura de válvula
- HSP-60522/523/524/525/526: Prueba de carrera parcial
- ZIP-60522/523/524/525/526: Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa)
- XI-60522/523/524/525/526: Panel local energizado
- PIT-60522A/523A/524A/525A/526A: Transmisor indicador de presión
- PIT-60522B/523B/524B/525B/526B: Transmisor indicador de presión

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

- TIT-60522/523/524/525/526: Transmisor indicador de temperatura
- PG-60522A/523A/524A/525A/526A: Manómetro del by-pass
- PG-60522B/523B/524B/525B/526B: Manómetro del sistema hidráulico
- PG-60522C/523C/524C/525C/526C: Manómetro del sistema de nitrógeno
- IG-60522X/523X/524X/525X/526X: Juntas aislantes para protección del SPC.

Todas las señales de campo convergerán en una Junction Box que recolectará las señales de campo para posteriormente ser enviadas al cuarto del control de la **MLV**.

La MLV-60522/523/524/525/526 contará con un gabinete local con selectores e indicadores locales descritos a continuación:

- HOA-60522/523/524/525/526: Selector para control local/remoto
- HS-60522/523/524/525/526: Apertura/cierre e inicio de prueba de carrera parcial
- XL-60522A/523A/524A/525A/526A: Luz ámbar – Falla común de Motor-Bomba
- XL-60522B/523B/524B/525B/526B: Luz ámbar – Prueba de carrera parcial exitosa
- XL-60522C/523C/524C/525C/526C: Luz roja - cerrada
- XL-60522D/523D/524D/525D/526D: Luz verde – abierta

E.5.2. Operación durante la emergencia operativa

La MLV-60522/523/524/525/526 contará con una línea de by-pass, 16"-GN-60522-D0A1/16"-GN-60523-D0A1/16"-GN-60524-D0A1/16"-GN-60525-D0A1/16"-GN-60526-D0A1 que servirá como medio de venteo en caso de registrarse una emergencia operativa. De ser así, se cerrarán las MLV's que se encuentren a los extremos del tramo que presenta la emergencia y se abrirá la válvula de corte de 16" Ø del by-pass de la MLV correspondiente al extremo del tramo que se desea ventear. La razón de ventear es disminuir los esfuerzos a los que sea sometida la tubería y evitar una mayor propagación. El by-pass contará en los venteos con tapas de apertura rápida tipo "Davit".

De igual manera, las MLV-60522/523/524/525/526 contarán con un sistema de detección de ruptura de línea "Line Break" en caso de fuga de gas el cual supervisa continuamente la dinámica de la presión de la tubería para proporcionar una detección temprana de las roturas de la tubería e iniciará el movimiento automático del actuador a posición segura. Este mecanismo se da mediante el monitoreo de la presión de la línea mediante los Transmisores Indicadores de Presión PIT-60522A/523A/524A/525A/526A y PIT-60522B/523B/524B/525B/526B y su variación en una diferencia de tiempo finita. Si se detecta una variación creciente de la presión en un intervalo de tiempo constante se activará el sistema y es señal de ruptura de línea.

Aguas abajo de la MLV-60526 se encuentra la junta aislante MDJ-50421, la cual es la llegada a la EMRYC Puerto Libertad en la cual termina el ducto Frontera – Puerto Libertad para su posterior entrega y acondicionamiento.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

E.6. Sistemas de control en estaciones de compresión

Las Estaciones de Compresión **CS-1**, **CS-2**, **CS-3** y **CS-4**, contará con tres Sistema de Control los cuales son: un Sistema de Control de Proceso (SCP), un Sistema de Paro por Emergencia (**SPE**) y un Sistema de Fuego y Gas, para el caso de la estación **EMRyC** Puerto Libertad solo se contará con **SPE** y **SFG**, la función del sistema de control de proceso se realizará mediante una **RTU**.

Los sistemas de control serán independientes y estarán alojados en el cuarto de control principal de cada estación; estos sistemas deberán ser controlados por sistemas independientes y estar intercomunicados entre sí mediante comunicación Ethernet, enlazados al sistema **SCADA**. Las estaciones de **MLV** contarán con **UTR** que serán enlazadas al cuarto de control de la **EMRyC** de Puerto Libertad y al sistema **SCADA**.

Las señales de la **EMRyC** ubicada en Puerto Libertad se enlazarán al CC Centralizado ubicado en la Terminal GNL de Sonora en Puerto Libertad. A este CC Centralizado también llegará la información clave de MLV's, y de las estaciones **CS-1**, **CS-2**, **CS-3** y **CS-4**.

Para llevar a cabo el buen funcionamiento de la Estación de Compresión bajo condiciones normales de operación y control y salvaguardar la integridad del personal operativo de la instalación, se contará con los sistemas descritos a continuación.

E.6.1. Sistemas de Control Proceso (SCP)

Las Estaciones de Compresión contarán con un Sistema de Control de Proceso (**SCP**), el cual estará localizado en el Cuarto de Control Principal (**CCP**). Su funcionamiento está basado en una arquitectura de controlador maestro para enlazar las variables de operación, supervisión y control de los sistemas de proceso y servicios auxiliares.

El **SCP** tendrá la capacidad de recibir y configurar las señales de los instrumentos inteligentes de manera confiable, y poder monitorear el estado de la instrumentación en campo, la configuración de parámetros y estrategias de control.

El monitoreo y control de las variables de proceso será en tiempo real y el **SCP** tendrá la facultad de manejar datos históricos para efectos de análisis y reportes.

Así mismo, el **SCP** contará con redundancia en redes de comunicación para la integración al sistema **SCADA** a fin de monitorear las variables operativas desde este sistema.

El SCP desarrollará las funciones de control y supervisión de toda la instrumentación de campo y equipos paquete involucrados con el sistema. Deberá proporcionar al operador todas las disposiciones que permitan un funcionamiento completamente continuo y fácil de todas las instalaciones de la Estación.

El sistema de control de procesos estará compuesto por un **PLC** principal en donde se integrará la lógica de programación de etiquetas y marcas, para el envío de datos al sistema **SCADA** mediante las redes de comunicación redundantes.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

El **SCP** tendrá la capacidad de recibir y configurar las señales de los instrumentos inteligentes de manera confiable, y poder monitorear el estado de la instrumentación en campo, la configuración de parámetros y estrategias de control.

El monitoreo y control de las variables de proceso será en tiempo real y el **SCP** tendrá la facultad de manejar datos históricos para efectos de análisis y reportes.

El **SCP** deberá integrar su información al sistema **SCADA** mediante redes de comunicación redundantes, a fin de monitorear las variables operativas desde este sistema.

Tabla 32. Documentos de referencia SCP

Nombre	Clave plano	Anexo
Arquitectura del Sistema de Control de Proceso EMRyC Puerto Libertad	SM-0500-WOR-IC-DWG-00001-00-signed.pdf	Anexo_ER_4. Planos Arquitectura del SCP
Arquitectura del Sistema de Control de Proceso CS-1	SM-0100-WOR-IC-DWG-00001-00-signed.pdf	
Arquitectura del Sistema de Control de Proceso CS-2	SM-0200-WOR-IC-DWG-00001-00-signed.pdf	
Arquitectura del Sistema de Control de Proceso CS-3	SM-0300-WOR-IC-DWG-00001-00-signed.pdf	
Arquitectura del Sistema de Control de Proceso CS-4	SM-0400-WOR-IC-DWG-00001-00-signed.pdf	
Arquitectura del Sistema de Control de Proceso Gasoducto TGSM	SM-0600-WOR-IC-DWG-00001-00-signed.pdf	

E.6.2. Sistemas de Paro por Emergencia (SPE)

Las Estaciones de Compresión contarán con un sistema de paro por emergencia (**SPE**) localizado en el Cuarto de Control Principal (**CCP**). El sistema de paro por emergencia contará con una interfaz de comunicación “Ethernet” con el **SCP** para monitorear el estado de las variables de proceso.

La función principal del SPE es monitorear las variables relacionadas con las funciones de seguridad y en caso de presentarse alguna condición no segura, activar los elementos finales de control para mantener el área de compresión segura y salvaguardar la integridad del personal operativo y de las instalaciones. El **SPE** estará en comunicación con el **SCP**, diseñado de acuerdo con la arquitectura del **SPE**. Así mismo el **SPE** tendrá comunicación con el Sistema de Fuego y Gas (**SFG**).

- El sistema de paro por emergencia de la estación contará con los siguientes niveles de paro:
- Nivel 1 (con venteo): Paro de turbocompresores, se activa el aislamiento de la Estación de Compresión mediante el cierre de las válvulas de cierre de paro por emergencia (ESDV) enlazadas al SPE de la EC y abriendo las válvulas de venteo controlado (BDV).
- Nivel 2 (sin venteo): Paro de turbocompresores con recirculación, se activa el aislamiento mediante el cierre de las válvulas de cierre de emergencia (SDV) en la succión y descarga

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

de los turbocompresores y apertura de las válvulas de hot-bypass y anti-surge para asegurar un paro seguro.

El gabinete de control del SPE enviará señales con cableado físico al panel de control de turbocompresores (PLC TC), cerrando las válvulas de bloqueo de emergencia (SDV) de succión y descarga durante un paro de emergencia y abriendo las válvulas de venteo (BVD) automáticas para desfogue de la EC, dependiendo del nivel de paro.

El SPE deberá ser capaz de, al menos, llevar a cabo las siguientes acciones básicas dependiendo de la combinación de las siguientes causas:

- La activación de las estaciones manuales del SPE y/o SFG en el cuarto de control.
- La activación de la estación manual en salidas de emergencia y puertas de acceso.
- La activación de la estación manual del área del turbocompresor del SPE y/o F&G.
- Pérdida de estado “abierto” de las válvulas ESDV de corte de paro por emergencia.
- Pérdida de estado “cerrado” de las válvulas de venteo BDV.
- Alta-alta presión a la salida de la estación.
- Baja-baja presión a la entrada de la estación.
- Activación de un botón de emergencia asociado al SPE.
- Baja-baja presión en el sistema de aire de instrumentos.
- Después de la confirmación de al menos dos detectores de fuego y gas.
- Alto-alto nivel de líquido de condensados en los filtros separadores.

Tabla 33. Documentos de referencia SPE

Nombre	Clave plano	Anexo
Arquitectura del Sistema de Paro por Emergencia EMRyC Puerto Libertad	SM-0500-WOR-IC-DWG-00002-00-signed.pdf	Anexo_ER_5. Planos Arquitectura del SPE
Arquitectura del Sistema de Paro por Emergencia CS-1	SM-0100-WOR-IC-DWG-00002-00-signed.pdf	
Arquitectura del Sistema de Paro por Emergencia CS-2	SM-0200-WOR-IC-DWG-00002-00-signed.pdf	
Arquitectura del Sistema de Paro por Emergencia CS-3	SM-0300-WOR-IC-DWG-00002-00-signed.pdf	
Arquitectura del Sistema de Paro por Emergencia CS-4	SM-0400-WOR-IC-DWG-00002-00-signed.pdf	

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

E.6.3. Sistemas de Fuego y Gas (SFG)

Las Estaciones de Compresión contarán con un sistema de detección de fuego y gas, el cual estará localizado en el **CCP**; tendrá como función principal detectar oportunamente un conato de incendio o fuga de gases/vapores inflamables para alertar al personal y para ejecutar las funciones de seguridad necesarias para la protección de las personas y se minimicen los daños materiales y pérdidas económicas. El sistema de **FG** contará con una interfaz de comunicación con el **SCP** para monitorear el estado y las condiciones del sistema.

El **SFG** estará conformado por detectores de gas combustible, detectores de flama, alarmas audibles y visibles en exteriores e interiores, estaciones manuales y de abandono. Todos los dispositivos serán cableados físicamente al **SFG** ubicado en el cuarto de control de la estación.

El equipo y la operación del **SFG** deben ser totalmente independientes en hardware y software del **SCP** y del **SPE**.

Todas las señales entre del **SFG** y el **SPE** deberán estar cableadas físicamente, para asegurar la comunicación entre ambos sistemas. En caso de confirmación de fuego y/o presencia de gas (al menos 2 detectores) dentro de la zona de proceso, de acuerdo con la matriz de causa efecto del **SPE**, se notificará al **SPE** para llevar a la estación a una condición segura.

La selección del tipo de tecnología de detección se basa en la identificación de riesgos y su diseño se apega a los requerimientos de la norma NFPA 72, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Características de combustión.
- La tasa de crecimiento del incendio.
- Los riesgos de fuegos y de explosiones.
- La naturaleza y las propiedades de las sustancias que se almacenan, procesan o manejan.
- Las condiciones ambientales.
- Las cantidades de los materiales inflamables y combustibles.

El **SFG** será diseñado, construido y mantenido de forma que se eviten interrupciones no programadas, brindando una disponibilidad de 99.99 % (SIL 2), como mínimo. El requerimiento SIL deberá ser confirmado por el análisis de riesgo desarrollado durante la ingeniería de detalle.

A través de su lógica, el **SFG** realizará las acciones oportunas de forma segura y confiable para la activación de los sistemas contra incendio, alarmas audibles y alarmas visibles, previniendo al personal de las situaciones detectadas de peligro.

El **SFG** será independiente y estará alojado en el Cuarto de Gabinetes de la Instalación. En las estaciones de compresión el **SFG** se comunicará con el sistema de paro por emergencia para efectuar el cierre automático de las válvulas de corte por presencia de fuego, así como otras funciones instrumentadas de seguridad que resulten del análisis de riesgos que se llevará a cabo

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

durante la ingeniería de detalle, así mismo estará enlazado con el sistema **SCADA** para su monitoreo.

El **SFG** estará basado en un controlador lógico programable de arquitectura modular para las operaciones de supervisión y control de toda la instrumentación de campo.

Para más detalles ver la siguiente tabla.

Tabla 34. Documentos de referencia SFG

Nombre	Clave plano	Anexo
Estación de Compresión CS1		Anexo_ER_6. Planos Arquitectura del SFG
Arquitectura del Sistema de Detección de Humo, Gas y Fuego	SM-0100-WOR-SF-SCD-00001-00-signed.pdf	
Estación de Compresión CS-2		
Arquitectura del Sistema de Detección de Humo, Gas y Fuego	SM-0200-WOR-SF-SCD-00001-00-signed.pdf	
Estación de Compresión CS-3		
Arquitectura del Sistema de Detección de Humo, Gas y Fuego	SM-0300-WOR-SF-SCD-00001-00-signed.pdf	
Estación de Compresión CS-4		
Arquitectura del Sistema de Detección de Humo, Gas y Fuego	SM-0400-WOR-SF-SCD-00001-00-signed.pdf	
EMRyC Puerto Libertad		
Arquitectura del Sistema de Detección de Humo, Gas y Fuego	SM-0500-WOR-SF-SCD-00001-00-signed.pdf	

E.6.4. Sistemas de Detección de Intrusos (SDI)

El sistema de detección de intrusión tiene como objetivo principal detectar en oportunidad cualquier intento de entrada no autorizada o posible daño a las instalaciones del Proyecto, como una forma de mantener la operación de este sin contratiempos.

Para la Estación de Compresión, la **EMRyC** al menos se debe considerar:

- Detección de intrusión perimetral
- Sensores PIR
- Contactos magnéticos en puertas
- Para las estaciones de MLV's, al menos se debe considerar: o Sensores PIR
 - Contactos magnéticos en puertas

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Detección de intrusión perimetral

El sistema de detección de intrusión perimetral deberá utilizar fibra óptica como elemento sensor, por lo que deberá ser tendida a lo largo de la barda perimetral para detectar por medio de la flexión o vibración del cable y mediante un análisis computacional de las señales generadas por dicha flexión, el ingreso ilegal de intrusos que pongan en riesgo la integridad y operación del Proyecto.

El sistema debe detectar varios eventos simultáneos por lo que deberá contar con diferentes zonas de detección, deberá actuar de manera automática en cualquiera de las situaciones que a continuación se describen: por presencia de intrusos en portones de acceso, por vibración en barda perimetral y en caso de corte del cable sensor, el sistema deberá notificar inmediatamente el incidente incluyendo la ubicación de este, la detección de intrusión debe continuar hasta el punto de corte.

El sistema de detección de intrusión debe tener interfaz con el sistema de **CCTV**, para que, en caso de generar una alarma por intrusión, el sistema de **CCTV** posicione automáticamente la cámara más cercana al evento para la visualización y grabación de este. Para más detalle ver la especificación sistemas de telecom (enlace de datos, voz, voz y datos, CCTV e intrusión).

Tabla 35. Documentos de referencia SDI

Nombre	Clave plano	Anexo
Especificación sistemas de Telecomm CS1 (Enlace de datos, voz y datos, CCTV e intrusión)	SM-0100-WOR-TE-SPC-00001-00-signed.pdf	Anexo_ER 7. Especificaciones del SDI
Especificación sistemas de Telecomm CS2 (Enlace de datos, voz y datos, CCTV e intrusión)	SM-0200-WOR-TE-SPC-00001-00-signed.pdf	
Especificación sistemas de Telecomm CS3 (Enlace de datos, voz y datos, CCTV e intrusión)	SM-0300-WOR-TE-SPC-00001-00-signed.pdf	
Especificación sistemas de Telecomm CS4 (Enlace de datos, voz y datos, CCTV e intrusión)	SM-0400-WOR-TE-SPC-00001-00-signed.pdf	
Especificación sistemas de Telecomm EMRYC (Enlace de datos, voz y datos, CCTV e intrusión)	SM-0500-WOR-TE-SPC-00001-00-signed.pdf	

E.6.5. Sistemas de Detección de Fugas (SDF)

El principio de operación del sistema de detección de fugas debe ser de los sistemas más reconocidos a nivel mundial y la cobertura de dicho sistema será tal, que asegure el monitoreo en los tramos del gasoducto de conformidad con la NOM-007-SECRE en su última edición.

El sistema está compuesto por las unidades de interrogación las cuales deben utilizar reflectometría óptica coherente en el dominio del tiempo para reconstruir las señales acústicas presentes a lo largo del cable sensor desde la retro dispersión inherente del principio de Rayleigh, creada a partir del tránsito de un impulso de luz que se transmite por una FO.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Las condiciones locales determinadas por el cable sensor de FO deben modular la señal de luz retro dispersada, permitiendo que las señales acústicas se reconstituyan a partir de la señal luminosa de retro dispersión.

El sistema debe ser inmune a la variación lineal a lo largo del sensor (las señales fuertes cerca del sensor no impiden la recepción de las señales silenciosas distantes a lo largo de la distancia cubierta por el sensor), a la interferencia externa deliberada o a la interferencia causada por radiación electromagnética e intrínsecamente seguro por lo que no debe involucrar ninguna señal electrónica o eléctrica activa a lo largo del cable sensor de FO.

Como parte del diseño, será posible montar múltiples interrogadores en un solo cable de FO en los puntos de unión adecuados, y ponerlos en red entre sí para crear la capacidad de monitorear el ducto y las instalaciones superficiales desde una sola ubicación remota.

La posición de la FO en la trayectoria del ducto, será de acuerdo con la solución y recomendaciones del proveedor, el sistema debe contar con un algoritmo de procesamiento acústico altamente sofisticado que analice el mayor número de señales acústicas en paralelo y en tiempo real que proporcione un medio automatizado para la detección, clasificación y localización de eventos acústicos específicos relacionados con fugas a lo largo del ducto según sea el caso.

El sistema debe alertar al operador acerca de la presencia de actividades específicas que se llevan a cabo en cualquier punto monitoreado a lo largo del ducto, para más detalle ver especificación de detección de fugas **SM-0600-WOR-TE-SPC-0001-S**.

E.6.6. Sistemas de CCTV

El sistema de CCTV deberá operar los 365 días del año, para videovigilar las instalaciones en cada una de las estaciones de compresión, la EMRyC, y las MLV's, deberá contar con cámaras de video ubicadas estratégicamente las cuáles permitirán el monitoreo dentro y fuera de edificios, así como en áreas de operación del Proyecto. Las cámaras serán instaladas en postes, con sus respectivos accesorios para montaje.

El Sistema de CCTV deberá ser naturalmente escalable, tanto en el hardware como en el software, para permitir futuras expansiones sin cambios significativos en su configuración. Y podrá ser integrado con el Sistema de Fuego y Gas, Sistema de Detección de Intrusos y Sistema de Control de Acceso.

Las cámaras de video deberán ser integradas a la red de datos a través del equipo LAN switch más cercano a las cámaras. Las señales de video captadas por las cámaras deberán ser transmitidas a través de cable UTP cat. 6, de 4 pares, con conductores calibre 23 AWG para el caso de estar colocadas a una distancia no mayor a 90 metros del equipo LAN switch.

En caso contrario se deberá utilizar cable de fibra óptica multimodo de 6 hilos OM3 50/125 μm , para operar en la ventana de 850 nm y los transceptores ópticos a 1 Gbps necesarios para la integración de las señales de video al sistema de administración en el Cuarto de Control para su visualización, almacenamiento y gestión.

El sistema de CCTV deberá operar de forma continua los 365 días del año las 24 horas del día bajo las condiciones operativas y ambientales presentes en el sitio. El equipo de grabación de video

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

deberá tener capacidad suficiente para almacenar el video del total de las cámaras a instalar durante un periodo de 60 días.

Para más detalle ver especificaciones en la siguiente tabla.

E.6.7. Sistemas de Comunicaciones

El Sistema de comunicación deberá proporcionar los servicios de voz y datos para establecer la comunicación entre las instalaciones involucradas en el proyecto, así como la correcta operación de las estaciones del **SCADA**, para el monitoreo y control de las Estaciones de Compresión, estaciones **MLV's** del Gasoducto, **EMRyC**. Así como dejar preparaciones para la integración con el **SCADA** de la Terminal GNL de Sonora en Puerto Libertad.

La red corporativa es la encargada de proveer los servicios de voz y datos a los usuarios del Proyecto, así como interconectar los servicios de los sistemas de seguridad física (**CCTV**, detección de intrusión y control de acceso).

La red de voz y datos deberá implementarse mediante una topología de alta disponibilidad por medio de equipos **LAN** switch capa 3 y capa 2 en configuración stack redundantes los cuales permitirán la concentración de señales de red de los sistemas de telecomunicaciones.

Para mantener la seguridad e integridad de la información transportada en la red **LAN** de la planta, se deberán incluir equipos firewalls físicos (ciberseguridad) en configuración redundante y de alta disponibilidad para segmentar el tráfico industrial del corporativo, así como para la comunicación con la red en **CCR**.

Los aparatos telefónicos deberán ser VoIP compatibles con el equipo Call Manager a ser suministrado (o existente por TGSM) para asegurar una plena funcionalidad, se deberán considerar las licencias necesarias para su operación, así como soporte de alimentación PoE proporcionada por el **LAN** switch capa 2 y utilizando el cableado estructurado como medio de transmisión de la red LAN. Para más información ver especificaciones.

E.6.8. Ciberseguridad

El alcance para Ciberseguridad consiste en el cumplimiento de la normatividad **ISA/IEC 62443**, además de personal, hardware, software, y las políticas relacionadas con el funcionamiento del proceso industrial y que puede afectar o influir en su seguridad y fiabilidad.

Se debe considerar no solo la tecnología que comprende un sistema de control; También incluye personas y los procesos de trabajo necesarios para garantizar la seguridad, Integridad, fiabilidad y seguridad del sistema de control. Para evitar ataques del tipo phishing, ransomware y ataques a la infraestructura critica se deberá establecer un nivel de seguridad.

Existen 4 niveles de seguridad y se deberá evaluar y cumplir con el nivel requerido para el proyecto, se deberán proponer los equipos necesarios para poder cumplir con el nivel de seguridad y se deberán hacer análisis de riesgos, **GAP** análisis, plantear soluciones a través de arquitecturas y diseños seguros, hardware, software, monitoreo de dispositivos, realizando mantenimientos, actualizaciones, parches y registro de incidentes.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Para lograr una protección eficiente se deberá considerar permisos, protección de antivirus, detección y respuesta.

F. Estación Villa Ahumada CS1

A continuación, se indica la descripción del proceso de alimentación, filtración, medición, regulación, compresión, enfriamiento y descarga de gas natural de la Estación de Compresión Villa Ahumada (**CS-1**), así como todos los servicios auxiliares asociados a los equipos principales. En la Estación de Compresión Villa Ahumada **CS-1**, el gas natural se recibe del punto de interconexión con el Gasoducto Tarahumara Pipeline de Fermaca y de la interconexión con la frontera (proveniente de Waha).

F.1. Alimentación a la Estación de Compresión CS1

F.1.1. Gasoducto Tarahumara

La alimentación del flujo de gas natural será a través del gasoducto Tarahumara, el cual suministrará un flujo máximo de 850 MMPCSD a una presión de operación de 4648 kPag (674 psig) y una temperatura normal de 25 °C (77 °F), entrando a la estación de compresión CS-1 a través de la línea 30"-GN-10100- D0A1, la cual contará con una junta aislante monoblock, MDJ-10101, para evitar la transición de corriente alterna.

Del cabezal de suministro 30"-GN-10100-D0A1, se interconecta la línea de 6"-GN-10107-D0A1, la cual abastecerá al paquete de gas combustible PK-FG-1001/2/34. Esta línea tiene como función suministrar gas para operar los motogeneradores durante el arranque de la estación de compresión CS-1. La línea 6"-GN-10107-D0A1 cuenta con dos válvulas checks seguidas de una válvula manual HV-10102C y HV- 10314, para que una vez trabajando la estación de compresión CS-1 en operación normal, estas válvulas se cierran y únicamente se suministre GN mediante la línea 6"-GN-10331-D0A1.

Agua abajo de la junta MDJ-10101, se localiza la válvula automática de paro por emergencia ESDV-10101A. Esta válvula contará con una línea de by-pass, 4"-GN-10107-D0A1, para cargar el sistema durante el arranque, abriendo la válvula manual HV-10108A. La válvula manual de carga HV-10108A facilitará las operaciones de empaquetado, purgado; esta válvula contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-10108, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula.

Posterior a la ESDV-10101A, se contará con un PIT-10101 para monitorear la presión desde el SCP, el cual tendrá configurado una alarma por alta presión, baja presión y baja-baja presión. También sobre la línea 30"-GN-10100-D0A1, se contará con un TIT-10103 para monitorear la temperatura desde el SCP, el cual tendrá configurada una alarma por baja temperatura y alta temperatura.

F.1.2. Gasoducto proveniente de Waha

La alimentación del flujo de gas natural será a través del gasoducto Waha, el cual suministrará un flujo máximo de 2702 MMPCSD con una presión de operación de 8476 kPag (1229 psig) y una temperatura normal de 42 °C (108 °F), entrando a la estación de compresión CS-1 a través de la línea 48"-GN-60100- D0A2, la cual contará con una junta aislante monoblock, MDJ-10421, para evitar la transición de corriente alterna.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Aguas abajo de la junta MDJ-10421 se localiza la Trampa de Recibo de Diablos, PR-GN-6001, para la limpieza e inspección del ducto. La trampa incluirá una válvula de bloqueo de 48” operada con motor eléctrico (XV-10405), un sensor local de paso de diablos, XS-10402; además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-10404, como en la línea de recibo, PG-10403.

El gas de pateo para el lanzamiento del diablo se obtiene de la línea 16"-GN-10406-D0A1, proveniente del cabezal 48"-GN-60100-D0A2.

Sobre el barril mayor de la trampa de diablos PR-GN-6001, se tiene la línea de venteo 3"-V-10404-D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gases; adicionalmente se tiene la línea de venteo 3"-V-10405-D0A1 que se conecta con la misma. Estas líneas tienen como propósito purgar el equipo PR-GN-6001 del gas natural entrampado posterior al lanzado del diablo sobre el ducto.

Aguas abajo de la trampa, sobre la línea 48"-GN-60100-D0A1, se tiene la Tee guiada BT-10402 para su conexión con la línea 48"-GN-10120-D0A2; posteriormente se tiene la Tee guiada BT-10401 para su conexión con la línea de venteo 16"-GN-10408-D0A1. El fin de la Tee guiada es poder dar libre paso al diablo sobre la tubería hacia el ducto.

Aguas abajo de la Tee Guiada BT-10402, se localiza la válvula automática de paro por emergencia ESDV- 10402, esta válvula contará con una línea de by-pass, 4"-GN-10407-D0A1, para cargar el sistema durante el arranque, abriendo la válvula manual HV-10403. La válvula manual de carga HV-10403 facilitará las operaciones de empaclado, purgado. La válvula HV-10403, contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-10403, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula.

Previo a la ESDV-10402 se contará con un PIT-10402A para monitorear la presión desde el SCP, el cual tendrá configurado una alarma por alta presión, baja presión y alta-alta presión. También sobre la línea 42"-GN-10120-D0A1 se contará con un TIT-10402A para monitorear la temperatura desde el SCP, el cual tendrá configurada una alarma por alta-alta temperatura.

Del cabezal de suministro 42"-GN-10120-D0A1, se interconecta la línea de 6"-GN-10141-D0A1 la cual se interconectará con la línea 6"-GN-10107-D0A1 para abastecer al paquete de gas combustible PK-FG- 1001/2/3/4. La línea 6"-GN-10141-D0A1 cuenta con una válvula check seguida de una válvula manual HV-10103C, para que una vez trabajando la estación de compresión CS-1 en operación normal, esta válvula se cierre y únicamente se suministre GN mediante la línea 6"-GN-10331-D0A1.

F.2. Filtración

F.2.1. Gasoducto Tarahumara

El gas natural proveniente del gasoducto Tarahumara ingresará a los filtros separadores tipo coalescedor en un arreglo 2+0 (FS-GN-1001/FS-GN-1002) por medio de la línea 30"-GN-10100-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 30"-GN-10100-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-10109-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-10101B con su placa RO-10101

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 8"-V-10503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-1001.

El gas natural que proviene del cabezal de alimentación 30"-GN-10100-D0A1 se envía hacia los filtros separadores FS-GN-1001/FS-GN-1002 por las líneas 20"-GN-10101-DA01 & 20"-GN-10102-D0A1, respectivamente. La operación del filtrado de gas se realizará con un filtro en operación y el otro de relevo.

Al final del cabezal de alimentación 30"-GN-10100-D0A1, posterior a los ramales de alimentación de los filtros, se encuentra una válvula de bloqueo con motor eléctrico de 30", XV-10104A, la cual se instalará para la interconexión entre el gas proveniente del gasoducto Tarahumara y el gas proveniente del gasoducto de la frontera (proveniente de Waha).

La presión diferencial de cada uno de los filtros será monitoreada por transmisores indicadores de presión diferencial, los cuales a su vez mediante un panel local enviarán la señal a los indicadores de presión diferencial PDI-10101/10102; estos indicadores tendrán la función de monitorear la saturación del equipo mediante la caída de presión. La máxima caída de presión permisible será de 70 kPa (10.0 psi).

Al presentarse una caída de presión igual o mayor a la máxima permisible se enviará una señal electrónica analógica de 4–20 mA con protocolo HART a través del SCP. Los PDI-10101/10102 estarán configurados con alarmas por alta presión diferencial y alta-alta presión diferencial. Estas alarmas serán desplegadas en el HMI y notificarán al operador que es necesario realizar mantenimiento al filtro en operación.

Los filtros tendrán instrumentación local para monitorear las variables de presión y temperatura, TG-10101/2 y PG-10101/2.

La línea de succión al filtro FS-NG-1001, 20"-GN-10101-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-10102A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 20"-GN-10103-D0A1, cuenta con una válvula XV-10103A.

La línea de succión al filtro FS-GN-1002, 20"-GN-10102-D0A1, cuenta con la válvula operada por motor eléctrico XV-10102B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 20"-GN-10104-D0A1, cuenta con una válvula XV-10103B.

La principal función de estas válvulas es aislar de la operación o permitirles su operación a los filtros en el proceso, según sea el caso.

En el evento de que salga de operación el filtro principal FS-NG-1001, se deberán abrir la XV-10102B/3B y posterior a ello cerrar las válvulas XV-10102A/3A.

El condensado que se recupere en cada uno de los filtros se canalizará a la pierna de nivel y será monitoreado por un indicador de nivel local LG-10101A/B y LG-10102A/B, y un transmisor indicador de nivel LIT-10101A/B y LIT-10102A/B, con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SCP por medio de un lazo de 4-20 mA HART, accionando las válvulas de nivel.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Así mismo se contará con transmisores indicadores de nivel redundantes LIT-10101C/D y LIT-10102C/D con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SPE para tomar las medidas necesarias, para evitar el arrastre de condensados que puedan causar daños a los turbocompresores.

El condensado proveniente de los filtros FS-GN-1001/1002 será enviado a través de la línea 2"-CD-10100/10101-A0A1, en donde aguas abajo se cuenta con un transmisor indicador de flujo (FIT-10101/10102), el cual enviará una señal al SCP de alarma por alto-alto flujo y alto flujo. También se contará con una placa de orificio (RO-10103/10104), la cual reducirá la presión en el límite del equipo paquete de los filtros, para que el fluido circule hasta el cabezal 4"-CD-10600-A0A1 que descarga al recipiente.

El condensado será enviado mediante el accionamiento de las válvulas de nivel automático tipo on/off, LV-10101/10102 y LV-10103/10104. El accionamiento de apertura y cierre de estas válvulas será por acción eléctrica de 24 VCD, mediante las válvulas solenoide de tres vías, las cuales recibirán señal de los transmisores de nivel LIT-10101A/B y LIT-10102A/B. Las válvulas de control de nivel abrirán cuando se presente un nivel alto accionado por el comando configurado LSH-10101A/B, LSH-10102A/B y cerrarán una vez que se detecte bajo nivel a través del mando configurado LSL-10101A/B y LSL-10202A/B.

Cuando falle el suministro de aire en el actuador de las válvulas de nivel, estas cerrarán completamente y su estatus se verificará desde el SCP. Las válvulas de nivel están equipadas con actuador neumático de pistón de acción doble y usarán como fuerza motriz la presión del aire de instrumentos. Para el mantenimiento de estas válvulas de control de nivel, existe un bypass con válvula de corte manual tipo bola de 2", en posición normalmente cerrada.

Para protección de una sobrepresión en los filtros, se contará con una válvula de seguridad por cada filtro, PSV-10101/10102, con una presión de ajuste de 9928 kPag (1440 psig). Estas válvulas desfogarán a un sitio seguro hacia la atmósfera a través de las líneas 2"-V-10106/10107-A0A1.

El gas filtrado será enviado a través de las líneas 20"-GN-10103/10104-D0A1 que se conectan con el cabezal común 30"-GN-10105-D0A1, el cual alimenta al patín de regulación RS-GN-1001/2.

Este cabezal común de descarga 30"-GN-10105-D0A1 cuenta con una válvula XV-10105A al final del cabezal, posterior a los ramales de descarga de los filtros, dicha válvula se instalará para interconectar el gas proveniente del gasoducto Tarahumara y el gas proveniente del gasoducto Waha.

Adicionalmente, se cuenta con un bypass entre el cabezal de entrada y salida de los filtros separadores FS-GN-1001 / FS-GN-1002, 30"-GN-10100-D0A1 y 30"-GN-10105-D0A1; donde se instalará la válvula de bloqueo operada con motor eléctrico XV-10104B. Este bypass dará flexibilidad para enviar gas natural hacia el Gasoducto de Tarahumara.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 30"-GN-10105-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-10108-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-10102D con su placa RO-10102 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 8"-V-10503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-1001.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

F.2.2. Recepcion de la frontera (proveniente de Waha)

El gas natural proveniente del gasoducto Waha ingresará a los filtros separadores tipo coalescedor en un arreglo 4+1 (FS-GN-1003/FS-GN-1004/ FS-GN-1005/FS-GN-1006/FS-GN-1007) por medio de la línea 42"-GN-10120-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-10120-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-10111-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-10103D con su placa RO-10111 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 8"-V-10503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-1001.

El gas natural que proviene del cabezal 42"-GN-10120-D0A1 se envía hacia los filtros separadores FS- GN-1003/FS-GN-1004/FS-GN-1005/FS-GN-1006/FS-GN-1007 por las líneas 24"-GN-10121/10122/ 10143/10145/10153-D0A1, respectivamente.

El cabezal de alimentación 42"-GN-10120-D0A1 se interconectará con el cabezal de alimentación proveniente de Tarahumara 30"-NG-10100-D0A1, mediante la válvula manual XV-10104A, cada uno mantendrá su tren de operación.

La presión diferencial de cada uno de los filtros será monitoreada por transmisores indicadores de presión diferencial, los cuales a su vez mediante un panel local enviarán la señal a los indicadores de presión diferencial PDI-10111/10112/10121/10122/10131; estos indicadores tendrán la función de monitorear la saturación del equipo mediante la caída de presión. La máxima caída de presión permisible será de 70 kPa (10.0 psi).

Al presentarse una caída de presión igual o mayor a la máxima permisible se enviará una señal electrónica analógica de 4–20 mA con protocolo HART a través del SCP. Los PDI-10111/10112/10121/10122/10131 estarán configurados con alarmas por alta presión diferencial y muy alta presión diferencial. Estas alarmas serán desplegadas en el HMI y notificarán al operador que es necesario realizar mantenimiento al filtro en operación.

Los filtros tendrán instrumentación local para monitorear las variables de presión y temperatura, TG-10104/5/6/7/8 y PG-10103/4/5/6/7.

La línea de succión al filtro FS-GN-1003, 24"-GN-10121-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-10112A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-10123-D0A1, cuenta con una válvula XV-10113A.

La línea de succión al filtro FS-GN-1004, 24"-GN-10122-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-10112B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-10124-D0A1, cuenta con una válvula XV-10113B.

La línea de succión al filtro FS-GN-1005, 24"-GN-10143-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-10122A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-10142-D0A1, cuenta con una válvula XV-10123A.

La línea de succión al filtro FS-GN-1006, 24"-GN-10145-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-10122B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-10144-D0A1, cuenta con una válvula XV-10123B.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

La línea de succión al filtro FS-GN-1007, 24"-GN-10153-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-10132A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-10152-D0A1, cuenta con una válvula XV-10133B.

La principal función de estas válvulas es aislar de la operación o permitirles su operación a los filtros en el proceso, según sea el caso.

En el evento de que salga de operación el filtro principal FS-GN-1004/1005/1006/1007, se deberá abrir la válvula XV-10106 para que el flujo continúe sobre el cabezal 42"-GN-10120-D0A1 hacia el filtro de respaldo FS-GN-1003, donde se deberán abrir la XV-10112A/10113A y posterior a ello cerrar las válvulas de bloqueo del filtro que saldrá de operación.

El condensado que se recupere en cada uno de los filtros se canalizará a la pierna de nivel y será monitoreado por un indicador de nivel local LG-10111A/B, LG-10112A/B, LG-10121A/B, LG-10122A/B y LG-10131A/B, y un transmisor indicador de nivel LIT-10111A/B, LIT-10112A/B, LIT-10121A/B, LIT-10122A/B y LIT-10131A/B con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SCP por medio de un lazo de 4-20 mA HART, accionando las válvulas de nivel.

Así mismo, se contará con transmisores indicadores de nivel redundantes LIT-10111C/D, LIT-10112C/D, LIT-10121C/D, LIT-10122A/B y LIT-10131C/D con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SPE para tomar las medidas necesarias, para evitar el arrastre de condensados que pueda causar daños a los turbocompresores.

El condensado proveniente de los filtros FS-GN-1003/1004/1005/1006/1007 será enviado a través de la línea 2"-CD-10120/10121/10140/10141/10150-A0A1, en donde aguas abajo se cuenta con un transmisor indicador de flujo (FIT-10103/10104/10105/10106/10107), el cual enviará una señal al SCP de alarma por alto-alto flujo y alto flujo. También se contará con una placa de orificio (RO-10105/10106/10107/10108/10109), la cual reducirá la presión en el límite del equipo paquete de los filtros, para que el fluido circule hasta el cabezal 4"-CD-20600-A0A1 que descarga al recipiente.

El condensado será enviado mediante el accionamiento de las válvulas de nivel automático tipo on/off, LV-10105/10106, LV-10107/10108, LV-10109/10110 y LV-10111/10112. El accionamiento de apertura y cierre de estas válvulas será por acción eléctrica de 24 VCD, mediante las válvulas solenoide de tres vías, las cuales recibirán señal de los transmisores de nivel LIT-10111A/B, LIT-10112A/B, LIT-10121A/B, LIT-10122A/B y LIT-10131A/B. Las válvulas de control de nivel abrirán cuando se presente un nivel alto accionado por el comando configurado LSH-10111A/B, LSH-10112A/B y LSH-10121A/B, LSH-10122A/B y LSH-10131A/B cerrarán una vez que se detecte bajo nivel a través del mando configurado LSL-10111A/B, LSL-10121A/B, LSL-10122A/B, LSL-10122A/B y LSL-10131A/B.

Cuando falle el suministro de aire en el actuador de las válvulas de control de nivel, estas cerrarán completamente y su estatus se verificará desde el SCP. Las válvulas de nivel están equipadas con actuador neumático de pistón de acción doble y usarán como fuerza motriz la presión del aire de instrumentos. Para el mantenimiento de estas válvulas de control de nivel, existe un bypass con válvula de corte manual tipo bola de 2", en posición normalmente cerrada.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Para protección de una sobrepresión en los filtros, se contará con una válvula de seguridad por cada filtro, PSV-10103/10104/10105/10106/10107, con una presión de ajuste de 9928 kPag (1440 psig). Estas válvulas desfogarán a un sitio seguro hacia la atmósfera a través de las líneas 2"-V-10126/10127/10143/10147/10153-A0A1.

El gas filtrado será enviado a través de las líneas 24"-GN-10123/10124/10142/10144/10152-D0A1 que se conectan con el cabezal común 42"-GN-10125-D0A1 el cual alimenta al patín de medición MS-GN- 1004/5/6/7/8.

Este cabezal común de descarga 42"-GN-10125-D0A1 se interconectará con el cabezal común de descarga del gasoducto Tarahumara, 30"-GN-10105-D0A1, mediante la válvula XV-10107A.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-10125-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-10110-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-10104C con su placa RO-10110 para ventear el gas hacia el cabezal de baja presión 8"-V-10503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-1001.

F.3. Regulación y Medición

F.3.1. Gasoducto Tarahumara

El gas proveniente de los filtros separadores tipo coalescedor FS-GN-1001/FS-GN-1002, contará con una etapa de regulación antes de la etapa de medición.

La etapa de regulación garantiza la igualación de presiones de ambas corrientes de alimentación a la Estación de Compresión 1, CS-1.

Patín de regulación

El gas natural que proviene del cabezal 30"-GN-10105-D0A1 se envía hacia el cabezal común del patín de regulación RS-GN-1001/1002, 30"-GN-10269-D0A1. El patín de regulación RS-GN-1001/1002 podrá funcionar de manera bidireccional y contará con dos brazos de regulación, 16"-NG-10270/10271-D0A1, en arreglo 1+1, es decir, un brazo en operación y uno de relevo. La capacidad máxima de operación de cada brazo es de 845 MMPCSD.

Cada brazo de regulación de flujo contará con válvulas de corte automáticas operadas con motor eléctrico a la entrada y a la salida, XV-10231A/B y XV-10232A/B. Estas válvulas permitirán realizar las maniobras operativas para alinear el brazo en operación y dejar fuera el brazo en espera.

Cada brazo contará con una válvula reguladora de flujo FCV-10232A/B y así como un indicador de presión PG-10232A/B.

A la salida del patín de regulación se cuenta con un cabezal común 30"-GN-10273-D0A1 que se interconecta con el patín de medición MS-GN-1001/1002/1003 por medio de la línea 30"-GN-10268-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, de los cabezales 30"-GN-10269-D0A1 y 30"-GN-10273-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-10264-D0A1 y 8"-V-10265-D0A1, donde se instalará la válvula BDV- 10232 y BDV-10233 con su placa RO-10232 y RO-10233 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-10502-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-1001.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Patín de medición

El gas natural que proviene del cabezal 30"-GN-10268-D0A1 se envía hacia el cabezal común del patín de medición MS-GN-1001/1002/1003, 30"-GN-10260-D0A1.

El patín de medición de tipo ultrasónico MS-GN-1001/1002/1003 podrá funcionar de manera bidireccional y contará con tres brazos de medición, 20"-GN-10261/10262/10263-D0A1, en arreglo 2+1. La capacidad máxima de operación de cada brazo es 423 MMPCSD.

Cada brazo contará con un acondicionador de flujo a la entrada y a la salida FX-10231A/B/C y FX-10231D/E/F, un transmisor de flujo del tipo ultrasónico, FE/FT-10231A/B/C, un transmisor indicador de presión, PIT-10231A/B/C, un transmisor indicador de temperatura, TE/TIT-10231A/B/C, así como un indicador de presión, PG-10231A/B/C y un indicador de temperatura, TG-10231A/B/C.

Los transmisores de flujo, FE/FT-10231A/B/C, enviarán una señal de flujo hacia el FQI-10202.

Los instrumentos transmisores mostrarán, remotamente en el SCADA a través del FQI/UTR, una indicación de flujo, temperatura y presión. Las señales de presión y temperatura por medio del PIT-10231A/B/C y del TIT-10231A/B/C se utilizarán para hacer las correcciones correspondientes del flujo medido en el FQI/UTR hacia el SCADA.

Cada brazo de medición contará con válvulas manuales a la entrada, HV-10233A/B/C y válvulas de corte operadas con motor eléctrico a la salida, XV-10234A/B/C. Estas válvulas permitirán realizar las maniobras operativas para alinear el brazo en operación y dejar fuera el brazo en espera.

El patín de medición MS-GN-1001/2/3 se encuentra conectado con el patín de medición MS-GN-1004/5/6/7/8 mediante la línea 42"-GN-10300-D0A1.

El cabezal de descarga 30"-GN-10264-D0A1 del patín de medición MS-GN-2001/2/3, se interconectará con la línea 30"-GN-10265-D0A1 al cabezal 42"-GN-10300-D0A1. La línea 42"-GN-10300-D0A1 podrá ser seccionada con la válvula XV-10321B de 42".

Continuando con el proceso, el gas natural se enviará por medio de la línea 30"-GN-10265-D0A1 a una unidad de análisis de calidad del gas, la cual consistirá en los siguientes elementos de análisis:

- Azufre total (ST) y H₂S, AIT-10231/10232.
- Humedad (H₂O), AIT-10233.
- Composición del gas (cromatógrafo de gases), AIT-10234.
- Oxígeno (O₂), AIT-10235

El cromatógrafo de gases será capaz de analizar la composición del gas natural de C1 a C9+, CO₂, O₂, poder calorífico y gravedad específica del flujo a través de columnas y detectores de conductividad térmica tipo termistor. El equipo deberá incluir todos los accesorios en acero inoxidable, tanques de gas de arrastre y cilindro de gas de calibración con regulador y conexiones. El tiempo de análisis del equipo será de 5 minutos o menos, con una repetibilidad de ± 0.5 BTU/1000 SCF.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

El analizador de humedad será capaz de determinar cuantitativa y directamente la cantidad de humedad en el gas sin interferencias debido a la presencia de H_2S , CO_2 o NH_3 en la corriente de gas, con una repetibilidad de 0.2 ppm en volumen o el 1% de la lectura (el mayor de ellos) con un flujo de muestreo de 750 ml/min a 15 psi. El equipo deberá incluir filtro de acondicionador de muestra, medidores y válvulas. El analizador deberá cumplir con el método de prueba establecido ASTM-D-5454-04 para celdas de tipo láser, usar tecnología de cristal de cuarzo o sensor de óxido de aluminio. La envolvente del analizador deberá ser a prueba de explosión NEMA 7 y en concordancia con la clasificación del área en la que se ubique.

La celda de muestra debe ser de acero inoxidable 316L pulido.

El analizador de humedad deberá contar con una salida de 4-20 mA para conexión hacia el computador de flujo y un puerto de comunicación Ethernet RJ45 para diagnóstico.

El analizador de H_2O deberá contar con su probeta de toma de muestra, a definir en la ingeniería de detalle.

El SCADA recibirá señales del equipo analizador y tendrá alarmas configuradas por alta concentración de H_2O , H_2S , y azufre total. En caso de presentarse un alto contenido de C_9+ o de alguno de los parámetros de calidad en la corriente de gas, según lo indicado en la NOM-001-SECRE-2010, se activará una alarma. El operador deberá decidir cuál será la acción por seguir en este evento.

El computador de flujo FQI-10202 enviará las señales de estas variables al SCP y posteriormente al SCADA, en donde se tendrá indicación de cada una de ellas.

Inmediatamente después se tendrá el PIT-10232 y el TIT-10232, que enviarán señales de los parámetros medidos a través del FQI-10202 al SCADA para verificar las condiciones de salida del patín de medición de flujo.

Para cualquier eventualidad de emergencia, de los cabezales 30"-GN-10260-D0A1 y 30"-GN-10264-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-10266-D0A1 y 8"-V-10267-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-10234D y BDV-10235A con su placa RO-10234 y RO-10235 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-10502-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-1001.

F.3.2. Gasoducto proveniente de Waha

El gas proveniente de los filtros separadores tipo coalescedor FS-GN-1003/FS-GN-1004/FS-GN-1005/ FS-GN-1006/FS-GN-1007, no contará con una etapa de regulación antes de la etapa de medición.

Patín de medición

El gas natural que proviene del cabezal 42"-GN-10125-D0A1 se envía hacia el cabezal común del patín de medición MS-GN-1004/1005/1006/1007/1008, 42"-GN-10280-D0A1.

El patín de medición de tipo ultrasónico MS-GN-1004/1005/1006/1007/1008 funcionará de manera unidireccional y contará con cinco brazos de medición, 20"-GN-10281/10282/10283/10284/10285-D0A1, en arreglo 4+1. La capacidad máxima de operación de cada brazo es 671 MMPCSD.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Cada brazo contará con un acondicionador de flujo a la entrada FX-10241A/B/C/D/E, un transmisor de flujo del tipo ultrasónico, FE/FT-10241A/B/C/D/E, un transmisor indicador de presión, PIT-10241A/B/C/D/E, un transmisor indicador de temperatura, TE/TIT-10241A/B/C/D/E, así como un indicador de presión, PG-10241A/B/C/D/E y un indicador de temperatura, TG-10242A/B/C/D/E.

Los transmisores de flujo, FE/FT-10241A/B/C/D/E, enviarán una señal de flujo hacia el FQI-10201.

Los instrumentos transmisores mostrarán, remotamente en el SCADA a través del FQI/UTR, una indicación de flujo, temperatura y presión. Las señales de presión y temperatura por medio del PIT-10241A/B/C/D/E y del TIT-10241A/B/C/D/E se utilizarán para hacer las correcciones correspondientes del flujo medido en el FQI/UTR hacia el SCADA.

Cada brazo de medición contará con válvulas manuales a la entrada, HV-10241A/10241B/10241C/10241D/10241E y válvulas de corte operadas con motor eléctrico a la salida, XV-10242A/10242B/10242C/10242D/10242E. Estas válvulas permitirán realizar las maniobras operativas para alinear el brazo en operación y dejar fuera el brazo en espera.

Continuando con el proceso, el gas natural se enviará por medio de la línea 42"-GN-10280-D0A1 a una unidad de análisis de calidad del gas, la cual consistirá en los siguientes elementos de análisis:

- Azufre total (ST) y H₂S, AIT-10241/10242.
- Humedad (H₂O), AIT-10242A.
- Composición del gas (cromatógrafo de gases), AIT-10243.
- Oxígeno (O₂), AIT-10244

El cromatógrafo de gases será capaz de analizar la composición del gas natural de C1 a C9+, CO₂, O₂, poder calorífico y gravedad específica del flujo a través de columnas y detectores de conductividad térmica tipo termistor. El equipo deberá incluir todos los accesorios en acero inoxidable, tanques de gas de arrastre y cilindro de gas de calibración con regulador y conexiones. El tiempo de análisis del equipo será de 5 minutos o menos, con una repetibilidad de ± 0.5 BTU/1000 SCF.

El analizador de humedad será capaz de determinar cuantitativa y directamente la cantidad de humedad en el gas sin interferencias debido a la presencia de H₂S, CO₂ o NH₃ en la corriente de gas, con una repetibilidad de 0.2 ppm en volumen o el 1% de la lectura (el mayor de ellos) con un flujo de muestreo de 750 ml/min a 15 psi. El equipo deberá incluir filtro de acondicionador de muestra, medidores y válvulas. El analizador deberá cumplir con el método de prueba establecido ASTM-D-5454-04 para celdas de tipo láser, usar tecnología de cristal de cuarzo o sensor de óxido de aluminio. La envolvente del analizador deberá ser a prueba de explosión NEMA 7 y en concordancia con la clasificación del área en la que se ubique.

La celda de muestra debe ser de acero inoxidable 316L pulido.

El analizador de humedad deberá contar con una salida de 4-20 mA para conexión hacia el computador de flujo y un puerto de comunicación Ethernet RJ45 para diagnóstico.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

El analizador de H₂O deberá contar con su probeta de toma de muestra, a definir en la ingeniería de detalle.

El SCADA recibirá señales del equipo analizador y tendrá alarmas configuradas por alta concentración de H₂O, H₂S, y azufre total. En caso de presentarse un alto contenido de C₉+ o de alguno de los parámetros de calidad en la corriente de gas, según lo indicado en la NOM-001-SECRE-2010, se activará una alarma. El operador deberá decidir cuál será la acción por seguir en este evento.

El computador de flujo FQI-10201 enviará las señales de estas variables al SCP y posteriormente al SCADA, en donde se tendrá indicación de cada una de ellas.

Inmediatamente después se tendrá el PIT-10242 y el TIT-10242, que enviarán señales de los parámetros medidos a través del FQI-10201 al SCADA para verificar las condiciones de salida del patín de medición de flujo.

Para cualquier eventualidad de emergencia, de los cabezales 42"-GN-10180-D0A1 y 42"-GN-10286-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-10270-D0A1 y 8"-V-10271-D0A1, donde se instalará la válvula BDV- 10237A y BDV-10238A con su placa RO-10237 y RO-10238 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-10502-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-1001.

F.4. Compresión y Enfriamiento

F.4.1. Sistema de Compresión

La descarga de los patines de medición MS-GN-1001/1002/1003 y MS-GN-1004/1005/1006/1007/1008 será enviada a un cabezal común 42"-GN-10300-D0A1, localizado a la succión de los turbocompresores de gas Natural (TC-GN-1001/1002/1003/1004).

El gas natural se enviará hacia los turbocompresores TC-GN-1001/2/3/4 a través del cabezal de succión de baja presión 42"-GN-10300-D0A1. En caso de una condición insegura en la estación, este cabezal contará con la línea 8"-V-10300-D0A1, la cual contará con una BDV-10301B con su respectivo RO-10301 para mitigar la presión aguas abajo del gas a ventear hacia la columna de venteo VC-V-1001. El accionamiento de la BDV es mediante aire de instrumentos.

En el cabezal 42"-GN-10300-D0A1 se extraen las líneas 30"-GN-10301/10320/10340/10360-D0A1 para la succión de los compresores TC-GN-1001/2/3/4. Para aislar los equipos de compresión se contará con las válvulas electrohidráulicas SDV-10301/10311/10321/10331. La apertura o cierre de estas válvulas se ejecutará mediante el SCP. Las válvulas electrohidráulicas SDV-10301/10311/10321/10331 se utilizan para el paro rápido/recirculación en frío de los compresores, comandado desde el SC a través del PLC del turbocompresor.

Sobre el cabezal de succión de baja presión 42"-GN-10300-D0A1, se cuenta con la bifurcación de la línea 6"-GN-10331-D0A1, con válvula de bloqueo manual HV-10313. Esta línea en operación normal alimenta al cabezal de gas combustible 6"-GN-10332-D0A1 el cual a su vez alimenta a los paquetes de acondicionamiento de gas combustible para las turbinas y el paquete de acondicionamiento de gas combustible para el generador eléctrico.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Cada uno de los turbocompresores contará con un panel de control ubicado a pie de equipo, que estará comunicado con el panel de control del turbocompresor (PLC-TC), el cual se localizará en el cuarto de control principal. La operación y control de cada turbocompresor, así como las protecciones, alarmas y secuencia de paro por emergencia, se realizará a través de los PLCs de cada unidad.

En las líneas de succión de los turbocompresores de gas Natural, 30"-GN-10301/10320/10340/10360- E0A1, se monitoreará de manera remota la temperatura de succión en el PLC-TC con el TIT- 10302/10312/10322/10332 y en el SCP con el TIT-10301/10311/10321/10331; ambos elementos de temperatura contarán con valores de alarma por baja, muy baja, alta y muy alta temperatura de succión. Los valores de alarma de temperatura deberán comunicarse con el PLC-TC de cada unidad de compresión y éstos deben ser utilizados como permisivos para el control del sistema “anti-surge”.

También en las líneas de succión se monitoreará la presión de forma local mediante los PG-10331/10321/10311/10301 y remota a través de los PIT-10301/10311/10321/10331 con valores de alarma por alta, muy alta, baja y muy baja presión de succión del turbocompresor. Cada turbocompresor contará en las líneas de succión con un filtro en línea tipo cono de bruja, con transmisor indicador de presión diferencial PDIT-10302/10312/10322/10332, los cuales en caso de impurezas enviarán una señal para alarmar por alta presión diferencial y alta-alta presión diferencial.

En las líneas de descarga de los turbocompresores 24"-GN-10303/10322/10342/10362-E0A1, se monitoreará de manera local la presión y temperatura a través de los instrumentos PG-10302/10312/10322/10332 y TG-10303/10313/10323/10333, respectivamente; y de manera remota se colocarán los instrumentos TIT-10304/10314/10324/10334, los cuales alertarán al operador al presentarse una alarma por alta temperatura y alta-alta temperatura en la descarga de los turbocompresores.

También en las líneas de descarga se monitoreará la presión de forma remota a través de los PIT-10304/10314/10324/10334 con valores de alarma por alta, alta-alta, baja y baja-baja presión de descarga del turbocompresor.

En la línea de descarga de gas de los turbocompresores se contará con una línea de recirculación que se conecta con la línea de succión. En esta línea se incluirá una válvula “fast-stop”, SDV-10304/10314/10324/10334. El propósito de estas válvulas será asegurar la protección del compresor en caso de una condición de paro o arranque del equipo, permitiendo que no se presente bajo flujo o baja presión de gas a la succión y de esta manera evitar el fenómeno de “surge”. La lógica de control y operación de estas válvulas se define en acción conjunta con el proveedor del turbocompresor.

Las líneas de descarga de los turbocompresores contarán con las válvulas de seguridad, PSV-10301/10311/10321/10331 con punto de ajuste de 10921 kPag (1584 psig), la cual permitirá proteger el sistema de una sobrepresión debido a un desbocamiento del compresor.

F.4.2. Sistema de Enfriamiento

Una vez que el gas se comprime por medio de los turbocompresores TC-GN-1001/2/3/4, el gas natural se enviará a los aeroenfriadores EC-GN-1001/2/3/4, los cuales son de tiro forzado y tienen

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

una capacidad térmica que asegura que la temperatura de salida sea de 49°C (120 °F). Los datos de carga térmica, número de bahías, así como número y potencia de los motores de los ventiladores deberán ser proporcionados por el proveedor.

El turbocompresor TC-NG-1001 descargará a través de la línea 24"-GN-10303-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-1001; el turbocompresor TC-GN-1002 descargará a través de la línea de 24"-GN- 10322-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-1002; el turbocompresor TC-GN-1003 descargará a través de la línea de 24"-GN-10342-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-1003 y el turbocompresor TC-GN-1004 descargará a través de la línea de 24"-GN-10362-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-1004.

Aguas abajo de los enfriadores, el gas fluirá a través de las líneas de 24"-GN-10308/10327/10347/10367- E0A1, donde se tiene un monitoreo remoto en el SCP de la temperatura y presión mediante el TIT- 10305/10315/10325/10335 y PIT-10302/10312/10322/10332, respectivamente. Estos instrumentos contarán con las alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura; así mismo se contará con las alarmas por alta presión y baja presión. Todas las bahías de enfriamiento cuentan con líneas de dren y venteo para mantenimiento.

Así mismo, se dispondrá de un medidor de flujo tipo placa de orificio, FE-10301/10311/10321/10331, el cual contará con un lazo de control a partir del TE-10306/10316/10326/10336, PIT-10303/10313/10323/10333 y FIT-10301/10311/10321/10331, los cuales envían la señal al PLC-TC del turbocompresor para medir el flujo de gas e indicar de manera remota mediante FI-10301/10311/10321/10331. En el SCP se mostrará una alarma por alto flujo y por bajo flujo.

De las líneas 24"-GN-10308/10327/10347/10367-E0A1 se extraen las siguientes líneas: línea de “anti- surge”, 16"-GN-10309/10328/10348/10368-E0A1, que se conecta en la succión de los turbocompresores TC-GN-1001/1002/1003/1004. Para cualquier eventualidad de emergencia, se derivará una línea de venteo, 8"-V-10308/10327/10347/10367-B0A1, donde se instalará la válvula BDV- 10302A/10312A/10322A/10332A con su placa RO-10303/10313/10323/10333 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-10501-B0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-1001.

Las líneas 16"-GN-10309/10328/10348/10368-E0A1, contarán con una válvula de anti-surge, ASV-10301/10311/10321/10331, las cuales estarán gobernadas por el PLC del turbocompresor (PLC-TC) y su función principal será proteger el compresor del fenómeno de “surge” al aumentar el volumen y la presión del gas en la succión. La filosofía de control de estas válvulas será alcance del proveedor de los turbocompresores.

Continuando con el flujo de gas se instalarán las válvulas electrohidráulicas SDV-10303/10313/10323/10333, las cuales se utilizan para aislar el tren de compresión y enfriamiento, así como el paro rápido/recirculación en frío de los compresores, comandado desde el SCP a través del PLC del turbocompresor. Dichas válvulas cuentan con su línea bypass 4"-GN-10310/10329/10349/10369- D0A1 y con su válvula de bloqueo manual HV-10301A/10311A/10321A/10331A.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

El gas proveniente de los aeroenfriadores EC-GN-1001/2/3/4, ingresará al cabezal común 42"-GN-10403-D0A1 con dirección a la trampa de envío de diablos, PL-GN-6002.

Adicionalmente, se cuenta con un by-pass entre el cabezal de salida del patín de medición MS-GN-1001/2/3 y el cabezal de salida de los aeroenfriadores EC-GN-1001/2/3/4, 30"-GN-10265-D0A1 y 42"-GN-10403-D0A1; donde se instalará la válvula de bloqueo operada con motor eléctrico XV-10402.

F.5. Descarga de la Estación de Compresión

El gas natural de la descarga de los aeroenfriadores EC-GN-1001/2/3/4, será enviado al cabezal común 42"-GN-10403-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-10403-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-GN-10404-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-10401B con su placa RO-10401 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-10501-B0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-1001.

En el cabezal 42"-GN-10403-D0A1 se instalará la válvula automática de paro de emergencia ESDV-10401.

Se monitoreará la presión por medio del PIT-10402, el cual estará configurado con alarma por alta y alta-alta presión. La señal de alarma por alta-alta presión enviará una señal para cierre de la válvula ESDV-10401, garantizando así la seguridad de la instalación por condiciones inseguras de alta presión en el ducto, activando el sistema de paro por emergencia. La válvula ESDV-10401 contará con un bypass, 4"-GN-10408-D0A1, para cargar el sistema durante el arranque, abriendo la válvula manual HV-10401A tipo bola de 4 pulgadas. La válvula manual de carga HV-10401A, facilitará las operaciones de empaclado, purgado y apertura de la válvula ESDV-10401. La válvula HV-10401A, contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-10401, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula HV-10401A.

Se tiene un monitoreo remoto en el SCP de la temperatura y presión mediante el TIT-10401 y PIT-10401, respectivamente. Estos instrumentos contarán con las alarmas por muy alta temperatura; así mismo se contará con las alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión.

En la salida de la Estación Villa Ahumada (CS-1) se instalará una trampa de envío de diablos, PL-GN-6002, para la limpieza e inspección del ducto, previo al envío al gasoducto de 48 pulgadas de diámetro externo, 48"-GN-60200-D0A2, con dirección a la Estación Mata Ortiz (CS-2).

La trampa incluirá una válvula de bloqueo de 48" operada con motor eléctrico (XV-10404), un sensor local de paso de diablos, XS-10401, además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-10401, como en la línea de envío, PG-10402.

La Trampa de Envío de diablos PL-GN-6002 tiene 56" de diámetro para el barril mayor y 48" de diámetro para el barril menor.

El gas de pateo para el lanzamiento del diablo se obtiene de la línea 16"-GN-10402-D0A1, proveniente del cabezal 42"-GN-10403-D0A1.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sobre el barril mayor de la trampa de diablos, PL-GN-6002 se tiene la línea de venteo 3"-V-10402-D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gases; adicionalmente se tiene la línea de venteo 3"-V-10401-D0A1 que se conecta con la misma. Estas líneas tienen como propósito purgar el equipo PL-GN-6002 del gas natural entrampado posterior al lanzado del diablo sobre el ducto.

Aguas abajo de la trampa, sobre la línea 48"-GN-60200-D0A1 se tiene la Tee guiada BT-10404 para su conexión con la línea 48"-GN-60200-D0A1, posteriormente se tiene la Tee guiada BT-10404 para su conexión con la línea de venteo 16"-GN-10407-D0A1. El fin de la Tee guiada es poder dar libre paso al diablo sobre la tubería hacia el ducto.

Aguas abajo de la Tee guiada BT-10404, se instalará una junta dieléctrica monolítica, MDJ-10401, para proveer un aislamiento de la protección catódica del ducto hacia los componentes de la CS-1, y se realiza un cambio de especificación en la tubería 48"-GN-60200-D0A1 pasando a 48"-GN-60200-D0A2 aguas abajo de la junta monolítica.

A la salida de la Estación Villa Ahumada (CS-1), el gas natural será enviado hacia el gasoducto de 48 pulgadas de diámetro externo, 48"-GN-60200-D0A2, con dirección a la Estación Mata Ortiz (CS-2).

F.6. Válvula de Seccionamiento en By-Pass de CS-1

La Estación de Compresión Villa Ahumada (CS-1) cuenta con el bypass 48"-GN-10405-D0A2, el cual será utilizado cuando no se requiera la utilización del Sistema de Compresión. El bypass estará interconectado aguas arriba de la válvula automática de paro por emergencia ESDV-10402, localizada en la línea proveniente de Waha 48"-GN-10120-D0A1 y a la salida de la válvula automática de paro por emergencia ESDV-10401, localizada a la salida de la Estación Villa Ahumada CS-1.

La línea 48"-GN-10405-D0A2 cuenta con la válvula de seccionamiento MLV-10404, la cual direccionará el flujo de gas a través o fuera de la Estación de Compresión Villa Ahumada (CS-1); la válvula MLV-10404 cuenta con el bypass 16"-GN-10409-D0A1.

La válvula MLV-10404 cuenta con un transmisor indicador de Presión corriente abajo y corriente arriba de la misma válvula PIT-10404A y PIT-10404B, así como un transmisor indicador de temperatura TIT-10404 corriente debajo de la MLV-10404; las señales serán enviadas al sistema SCADA a través de la UTR y serán desplegadas en el PI-10404A, PI-10404B y TI-10404.

La válvula MLV-10404 cuenta con una línea de venteo acondicionada con tapa de apertura rápida tipo “davit” y una conexión rápida para el sistema de recuperación de venteos, corriente abajo y corriente arriba de la misma válvula MLV-10404.

La válvula MLV-10404 será equipada con un dispositivo de “linebreak” que cerrará el actuador cuando se detecte una caída de presión súbita, permitiendo el cierre en caso de fuga en el gasoducto.

La acción de cierre de la válvula MVL-10404 se podrá realizar de forma remota a través del sistema SCADA y de forma local a través de una botonera.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

F.7. Paro de la Estación de Compresión

F.7.1. Paro normal por mantenimiento

La Estación de Compresión tendrá un paro programado para trabajos de inspección y mantenimiento. Tales paros normales serán de rutina, planeados y calendarizados considerando la disponibilidad de los equipos necesarios y utilizados durante el mantenimiento.

Los objetivos de un paro normal son:

1. Suspensión segura de operación.
2. Purgado de aquellas áreas de la estación donde son necesarios los trabajos de mantenimiento.

Para proceder al paro de la estación se debe de notificar a todas las unidades de proceso afectadas acerca del tiempo programado de paro.

F.7.2. Paro del Suministro del Gas Natural

El paro del suministro de gas natural a los diferentes usuarios podría obedecer a las siguientes diferentes situaciones de emergencia:

- Gas natural fuera de especificación.
- Alta concentración de H_2S y azufre total (ST).
- Alta concentración de H_2O .
- Poder calorífico superior fuera de norma.
- Ruptura de línea.
- Corrosión externa.
- Daño por terceros (movimiento de terreno, excavaciones, construcción, fuego externo, accidentes carreteros).
- Derrumbe o deslave por causas naturales.
- Cierre en falso de alguna ESDV.

F.7.3. Gas Natural Fuera de Especificación

Cuando se detecte que el gas natural recibido no se ajusta a los parámetros de calidad estipulados en la **NOM-001-SECRE-2010**, no existe la obligación de recibirlo; sin embargo, se puede llegar a un acuerdo entre las partes para no detener el suministro.

Por alta concentración de H_2S , ST y/o por H_2O en la recepción del gas natural (GN), el operador no recibirá el GN y se notificará de inmediato la suspensión de suministro de GN. El aumento de ácido sulfhídrico y/o de humedad podría causar una corrosión interna y la formación de hidratos de carbono

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

a lo largo del ducto de transporte, generando un desgaste acelerado del ducto y limitaciones operacionales de presión.

En este caso, el operador podrá tomar la decisión de bloquear la línea regular, es decir, cerrar la válvula de corte de suministro de GN, ESDV-10101A si el problema proviene del gasoducto Fermaca-Tarahumara o mediante la ESDV-10402 si el problema proviene del gasoducto proveniente de Waha. Se esperará a que el proveedor del GN modifique los parámetros de calidad del GN para iniciar nuevamente el transporte.

Secuencia cronológica en caso de que el GN esté fuera de especificación:

Los analizadores ubicados en la Estación de Compresión enviarán su alarma al SCP.

1. El SCP enviará la señal al Centro de Control
 - a. Principal de la estación de compresión.
2. El operador en turno en el Centro de Control recibirá una alarma relacionada con la calidad de GN y avisará al técnico en el campo o de guardia.
3. El técnico llegará a la estación donde se haya generado la alarma y verificará si la alarma es real o falsa y avisará al operador en el Centro de Control el estatus actual o real.
4. El operador tomará la decisión de avisar a su supervisor.
5. El supervisor de la estación de compresión notificará si acepta el GN fuera de especificaciones o lo rechaza.
6. El supervisor tomará las acciones necesarias para cumplir con la decisión y/o los procedimientos internos relacionados con el manejo de GN fuera de especificaciones que podría ser:
 - a. Cerrar la válvula en la entrada de la CS, ESDV-10101A, ESDV-10402 no aceptando el GN fuera de especificación.
 - b. Dar un tiempo determinado aguas arriba para entregar GN dentro de especificación.
 - c. Reportar el estatus y condiciones del GN

F.8. Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares en la Estación de Compresión Villa Ahumada CS-1 son:

- Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Turbinas
- Sistema de Venteo de Gas
- Sistema de Recuperación de Gas
- Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Generador de Energía
- Sistema de Drenaje de Condensados

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

- Sistema de Drenaje Aceitoso
- Sistema de Aire Comprimido
- Sistema de Agua de Servicios
- Sistema de Generación Eléctrica a Gas
- Sistema de Generación Eléctrica Dual

F.8.1. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-1001) A Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

- Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-1001, el cual contará con los siguientes equipos:
- Dos (2) filtros separadores FS-FG-1071A/1072A y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-1071A/1072A.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-1001 por la línea 3"-FG-10700- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-10701 y el transmisor indicador de presión PIT-10701. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-1071A/1072A uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-10701/10702, enviando una señal para lectura remota, PDI-10701/10702, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-10701/2, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-10701/2, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-10701A/2A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-10701-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-1071A/2A, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 1001, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-10701E/F y TIT-10702E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-10701A/2B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-10701/3, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-10702/4, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG-10702- D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV- 10703, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas atrapado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-10700- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-10702-D0A1 se localizará el PIT-10702, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, la línea de salida contará con la válvula SDV-10702 y la válvula BDV-10701A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-1001.

F.8.2. Sistema de Acondicionamiento De Gas Combustible (PK-FG-1002) A Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-1002, el cual contara con los siguientes equipos:

Dos (2) filtros separadores FS-FG-1071/1072B y dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-1071B1/1072B.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-1002 por la línea 3"-FG-10720- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-10711 y el transmisor indicador de presión PIT-10711. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-1071/1072B uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-10711/10712, enviando una señal para lectura remota, PDI-10711/10712, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-10711/10712, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-10711/10712, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-10711A/10712A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-10720-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-1071/1072B, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

turbina PK-TG- 1002, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-10711E/F y TIT-10712E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-10711/10712B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-10711/10713, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-10712/10714, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 10722-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad,

PSV-10713, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-10720- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-10722-D0A1 se localizará el PIT-10712, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-10712, la línea de salida contará con la válvula SDV-10712 y la válvula BDV-10711A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-1002.

F.8.3. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-1002) A Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-1003, el cual contara con los siguientes equipos:

Dos (2) filtros separadores FS-FG-1071/1072C y dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-1071C/1072C.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-1003 por la línea 3"-FG-10740- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-10721 y el transmisor indicador de presión PIT-10721. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-1071C/1072C uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-10721/10722, enviando una señal para lectura remota, PDI-10721/10722, en el

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-10721/10722, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-10721/10722, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-10721A1/10722A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-10741-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-1071C/10712C, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 1003, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-10721E/F y TIT-10722E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-10721B/10722B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-10721/10723, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-10722/10724, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 10742-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-10723, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-10740- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-10742-D0A1 se localizará el PIT-10722, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-10722, la línea de salida contará con la válvula SDV-10722 y la válvula BDV-10721A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-1003.

F.8.4. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-1004) A Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-1004, el cual contará con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-1071/1072D y

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-1071D/1072D.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-1004 por la línea 3"-FG-10760- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-10731 y el transmisor indicador de presión PIT-10731. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-1071D/1072D uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-10731/10732, enviando una señal para lectura remota, PDI-10731/10732, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-10731/10732, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-10731/10732, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-10731A/10732A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-10761-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-1071D/1072D, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 1004, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-10731E/F y TIT-10732E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-10731B/10732B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-10731/10733, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-10732/10734, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 10762-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-10733, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-10760- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-10762-D0A1 se localizará el PIT-10732, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Aguas abajo del PIT-10732, la línea de salida contará con la válvula SDV-21232 y la válvula BDV-10731A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-1004.

F.8.5. Sistema de venteo de gas

El sistema de venteo general estará integrado por dos cabezales, uno de alta presión 16"-V-10501-B0A1 y uno de baja presión 16"-V-10502-A0A1, los cuales concurren en la columna de venteo VC-V-1001.

Sobre el cabezal de baja presión 16"-V-10502-A0A1 se encuentra el orificio de restricción RO-10501 y sobre el cabezal de alta presión 16"-V-10501-B0A1 se encuentra el orificio de restricción RO-10502. El uso de placas de restricción "RO", permite un correcto funcionamiento del sistema de venteo al controlar la presión de operación.

La columna de venteo VC-V-1001 opera a presión atmosférica.

F.8.6. Sistema de recuperación de gas

Al sistema de recuperación de gas llegan los venteos por mantenimiento o algún paro programado de las siguientes:

Todos estos venteos llegan al cabezal 4"-V-10520-D0A1 que descarga al recipiente R-V-10921. En el cabezal 4"-V-10520-D0A1 se contará con un transmisor indicador de presión PIT-10521, con indicación de presión en el SCP, PI-10521, en el cual se configurarán una alarma por baja presión en el SCP. Así mismo, sobre este cabezal se instalará un transmisor indicador de flujo, FIT-10521, tipo multivariable y un termopar TE-10521, para hacer el ajuste por temperatura en la medición de flujo. En el SCP se tendrá una indicación de flujo, FI-10521.

El tanque booster tipo knock-out R-V-10921 contará con un vidrio de nivel, LG-10521, un indicador de presión, PG-10521, y un indicador de temperatura TW/TG-10521. Así mismo, se instalará una válvula de seguridad PSV-10521, la cual desfogará hacia la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig). En el fondo del tanque se recolectarán los condensados que se separan a través del demister, para posteriormente disponer de los condensados a través de la línea 2"-CD-10520-D0A1 donde se tendrá una placa de restricción RO-10521 la cual reducirá la presión, para que el fluido se pueda conducir hasta el recipiente de condensados.

A la salida del recipiente R-V-10921 se podrá enviar el gas hacia el sistema de recuperación de gas venteos PK-V-1001 por medio de la línea 4"-NG-10520-D0A1 o hacia el sistema de acondicionamiento de gas combustible para generadores eléctricos PK-FG-1005 mediante la línea 1 1/2"-FG-10520-D0A1.

El proveedor del sistema de recuperación de gas venteos PK-V-1001 deberá entregar la filosofía de operación del paquete. Este paquete tiene la función de reinyectar el gas natural a través de un motocompresor hacia la línea 42"-GN-10403-D0A1. Así mismo, el paquete PK-V-1001 contará con la línea de bypass 3"-GN-10521-D0A1 con válvula manual tipo bola y válvula check, la cual se utilizará cuando la presión sea suficiente para la reinyección del gas sin requerir la operación del PK-V-1001.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 36. Documentos de referencia de proceso de la estación CS1

Nombre	Clave del plano	Anexo
Diagrama de Flujo de Proceso Estación CS1	SM-100-WOR-PR-PFD-00001-S_00-signed.pdf	Anexo_ER_8. Diagramas CS1
DTI Filtros Separadores CS1	SM-100-WOR-PR-PID-00001-01-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores CS1	SM-100-WOR-PR-PID-00001-02-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores CS1	SM-100-WOR-PR-PID-00001-03-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores CS1	SM-100-WOR-PR-PID-00001-04-S_00-signed.pdf	
DTI Estación de Medición Waha	SM-100-WOR-PR-PID-00002-01-S_00-signed.pdf	
DTI Estación de Medición Waha	SM-100-WOR-PR-PID-00002-02-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento	SM-100-WOR-PR-PID-00003-01-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento	SM-100-WOR-PR-PID-00003-02-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento	SM-100-WOR-PR-PID-00003-03-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento	SM-100-WOR-PR-PID-00003-04-S_00-signed.pdf	
DTI Trampa de diablos de envío y recibo de GN	SM-100-WOR-PR-PID-00004-01-S_00-signed.pdf	
DTI Trampa de diablos de envío y recibo de GN	SM-100-WOR-PR-PID-00004-02-S_00-signed.pdf	
DTI Sistema de recuperación de gas	SM-100-WOR-PR-PID-00005-01-S_00-signed.pdf	
DTI Sistema de recuperación de gas	SM-100-WOR-PR-PID-00005-02-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible	SM-100-WOR-PR-PID-00007-01-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible	SM-100-WOR-PR-PID-00007-02-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible	SM-100-WOR-PR-PID-00007-03-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible	SM-100-WOR-PR-PID-00007-04-S_00-signed.pdf	

G. Estación Mata Ortiz CS2

A continuación, se indica la descripción del proceso de alimentación, filtración, compresión, enfriamiento y descarga de gas natural de la Estación de Compresión Mata Ortiz (CS-2), así como todos los servicios auxiliares asociados a los equipos principales. En la Estación de Compresión Mata Ortiz CS-2, el gas natural se recibe de la interconexión con el Gasoducto proveniente de la Estación de Compresión Villa Ahumada CS-1.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

G.1. Alimentación a la estación de compresión

La alimentación del flujo de gas natural será a través del gasoducto proveniente de la Estación de Compresión Villa Ahumada CS-1, el cual suministrará un flujo máximo de 2684 MMPCSD con una presión de operación de 5941 kPag (862 psig) y una temperatura normal de 30 °C (85 °F), entrando a la estación de compresión CS-2 a través de la línea 48"-GN-60200-D0A2, la cual contará con una junta aislante monoblock, MDJ-20421, para evitar la transición de corriente alterna.

Aguas abajo de la junta MDJ-20421 se localiza la Trampa de Recibo de Diablos (móvil), PR-GN-6001, para la limpieza e inspección del ducto. La trampa incluirá una válvula de bloqueo de 48" operada con motor eléctrico (XV-20405), un sensor local de paso de diablos, XS-10402; además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-10404, como en la línea de recibo, PG-10403.

El gas de pateo para el lanzamiento del diablo se obtiene de la línea 16"-GN-20406-D0A1, proveniente del cabezal 48"-GN-60200-D0A1.

Sobre el barril mayor de la trampa de diablos PR-GN-1001, se tiene la línea de venteo 3"-V-20404-D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gases; adicionalmente se tiene la línea de venteo 3"-V-20405-D0A1 que se conecta con la misma. Estas líneas tienen como propósito purgar el equipo PR-GN-6001 del gas natural atrapado posterior al lanzamiento del diablo sobre el ducto.

Aguas abajo de la trampa, sobre la línea 48"-GN-60200-D0A1, se tiene la Tee guiada BT-20402 para su conexión con la línea 48"-GN-20400-D0A1; además, se tiene la Tee guiada BT-20401 para su conexión con la línea de venteo 16"-GN-20408-D0A1. El fin de la Tee guiada es poder dar libre paso al diablo sobre la tubería hacia el ducto.

Aguas abajo de la Tee Guiada BT-20402, se localiza la válvula automática de paro por emergencia ESDV- 20402, esta válvula contará con una línea de by-pass, 4"-GN-20407-D0A1, para cargar el sistema durante el arranque, abriendo la válvula manual HV-20403. La válvula manual de carga HV-20403 facilitará las operaciones de empacado, purgado. La válvula HV-20403, contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-20403, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula.

Previo a la ESDV-20402 se contará con un PIT-20402A para monitorear la presión desde el SCP, el cual tendrá configurado una alarma por alta presión, baja presión y alta-alta presión. También sobre la línea 42"-GN-20400-D0A1 se contará con un TIT-20402A para monitorear la temperatura desde el SCP, el cual tendrá configurada una alarma por alta-alta temperatura.

Del cabezal de suministro 42"-GN-20400-D0A1, se interconecta la línea de 6"-GN-20107-D0A1 la cual se interconectará con la línea 6"-GN-20332-D0A1 para abastecer al paquete de gas combustible PK-FG- 2001/2/3/4. La línea 6"-GN-20107-D0A1 cuenta con una válvula check seguida de una válvula manual HV-20102C, para que una vez trabajando la estación de compresión CS-2 en operación normal, esta válvula se cierre y únicamente se suministre GN mediante la línea 6"-GN-20331-D0A1.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

G.2. Filtración

El gas natural proveniente de la Estación de Compresión Villa Ahumada CS-1 ingresará a los filtros separadores tipo coalescedor en un arreglo 4+1 (FS-GN-2001/FS-GN-2002/FS-GN-2003/FS-GN-2004/ FS-GN-2005) por medio de la línea 42"-GN-20400-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-20400-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-20109-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-20101B con su placa RO-20101 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 8"-V-20503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-2001.

El gas natural que proviene del cabezal 42"-GN-20400-D0A1 se envía hacia los filtros separadores FS- GN-2001/FS-GN-2002/FS-GN-2003/FS-GN-2004/FS-GN-2005 por las líneas 24"-GN-20101/20102/ 20121/20122/20143-D0A1, respectivamente.

La presión diferencial de cada uno de los filtros será monitoreada por transmisores indicadores de presión diferencial, los cuales a su vez mediante un panel local enviarán la señal a los indicadores de presión diferencial PDI-20101/20102/20111/20112/20121; estos indicadores tendrán la función de monitorear la saturación del equipo mediante la caída de presión. La máxima caída de presión permisible será de 70 kPa (10.0 psi).

Al presentarse una caída de presión igual o mayor a la máxima permisible se enviará una señal electrónica analógica de 4-20 mA con protocolo HART a través del SCP. Los PDI-20101/20102/20111/20112/20121 estarán configurados con alarmas por alta presión diferencial y alta-alta presión diferencial. Estas alarmas serán desplegadas en el HMI y notificarán al operador que es necesario realizar mantenimiento al filtro en operación.

Los filtros tendrán instrumentación local para monitorear las variables de presión y temperatura, TG-20101/2/4/5/6 y PG-20101/2/3/4/5.

La línea de succión al filtro FS-GN-2001, 24"-GN-20101-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-20102A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-20103-D0A1, cuenta con una válvula XV-20103A.

La línea de succión al filtro FS-GN-2002, 24"-GN-20102-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-20102B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-20104-D0A1, cuenta con una válvula XV-20103B.

La línea de succión al filtro FS-GN-2003, 24"-GN-20121-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-20112A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-20123-D0A1, cuenta con una válvula XV-20113A.

La línea de succión al filtro FS-GN-2004, 24"-GN-20122-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-20112B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-20124-D0A1, cuenta con una válvula XV-20113B.

La línea de succión al filtro FS-GN-2005, 24"-GN-20143-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-20122A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-20142-D0A1, cuenta con una válvula XV-20123A.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

La principal función de estas válvulas es aislar de la operación o permitirles su operación a los filtros en el proceso, según sea el caso.

El condensado que se recupere en cada uno de los filtros se canalizará a la pierna de nivel y será monitoreado por un indicador de nivel local LG-20101A/B, LG-20102A/B, LG-20111A/B, LG-20112A/B y LG-20121A/B, y un transmisor indicador de nivel LIT-20101A/B, LIT-20102A/B, LIT-20111A/B, LIT-20112A/B y LIT-20121A/B con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SCP por medio de un lazo de 4-20 mA HART, accionando las válvulas de nivel.

Así mismo, se contará con transmisores indicadores de nivel redundantes LIT-20101C/D, LIT-20102C/D, LIT-20111C/D, LIT-20112A/B y LIT-20121C/D con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SPE para tomar las medidas necesarias, para evitar el arrastre de condensados que pueda causar daños a los turbocompresores.

El condensado proveniente de los filtros FS-GN-2001/2002/2003/2004/2005 será enviado a través de la línea 2"-CD-20100/20101/20120/20121/20140-A0A1, en donde aguas abajo se cuenta con un transmisor indicador de flujo (FIT-20101/20102/20103/20104/20105), el cual enviará una señal al SCP de alarma por alto-alto flujo y alto flujo. También se contará con una placa de orificio (RO-20103/20104/20105/20106/20107), la cual reducirá la presión en el límite del equipo paquete de los filtros, para que el fluido circule hasta el cabezal 2"-CD-20100-A0A1 que descarga al recipiente.

El condensado será enviado mediante el accionamiento de las válvulas de nivel automático tipo on/off, LV-20101/20102, LV-20103/20104, LV-20105/20106, LV-20107/20108 y LV-20109/20110. El accionamiento de apertura y cierre de estas válvulas será por acción eléctrica de 24 VCD, mediante las válvulas solenoide de tres vías, las cuales recibirán señal de los transmisores de nivel LIT-20101A/B, LIT-20102A/B, LIT-20111A/B, LIT-20112A/B y LIT-20121A/B. Las válvulas de control de nivel abrirán cuando se presente un nivel alto accionado por el comando configurado LSH-20101A/B, LSH-20102A/B y LSH-20111A/B, LSH-20112A/B y LSH-20121A/B cerrarán una vez que se detecte bajo nivel a través del mando configurado LSL-20101A/B, LSL-20102A/B, LSL-20111A/B, LSL-20112A/B y LSL-20121A/B.

Cuando falle el suministro de aire en el actuador de las válvulas de control de nivel, estas cerrarán completamente y su estatus se verificará desde el SCP. Las válvulas de nivel están equipadas con actuador neumático de pistón de acción doble y usarán como fuerza motriz la presión del aire de instrumentos. Para el mantenimiento de estas válvulas de control de nivel, existe un bypass con válvula de corte manual tipo bola de 2", en posición normalmente cerrada.

Para protección de una sobrepresión en los filtros, se contará con una válvula de seguridad por cada filtro, PSV-20101/20102/20103/20104/20105, con una presión de ajuste de 9928 kPag (1440 psig). Estas válvulas desfogarán a un sitio seguro hacia la atmósfera a través de las líneas 2"-V-20106/20107/20126/20127/20143-A0A1.

El gas filtrado será enviado a través de las líneas 24"-GN-20103/20104/20123/20124/20142-D0A1 que se conectan con el cabezal común 42"-GN-20105-D0A1 el cual alimenta a los turbocompresores TC-GN-2001/2002/2003/2004.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-20105-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-20108-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-20102D con su placa RO-20102 para ventear el gas hacia el cabezal de baja presión 8"-V-20503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-2001.

G.3. Compresión y Enfriamiento

G.3.1. Sistema de Compresión

La descarga de los filtros FS-GN-2001/FS-GN-2002/FS-GN-2003/FS-GN-2004/ FS-GN-2005 será enviada a un cabezal común 42"-GN-20105-D0A1, localizado a la succión de los turbocompresores de gas Natural (TC-GN-2001/2002/2003/2004).

El gas natural se enviará hacia los turbocompresores TC-GN-2001/2002/2003/2004 a través del cabezal de succión de baja presión 42"-GN-20300-D0A1. En caso de una condición insegura en la estación, este cabezal contará con la línea 8"-V-20300-D0A1, la cual contará con una BDV-20301B con su respectivo RO-20301 para mitigar la presión aguas abajo del gas a ventear hacia la columna de venteo VC-V-2001. El accionamiento de la BDV es mediante aire de instrumentos.

En el cabezal 42"-GN-20300-D0A1 se extraen las líneas 30"-GN-20301/20320/20340/20360-D0A1 para la succión de los compresores TC-GN-2001/2/3/4. Para aislar los equipos de compresión se contará con las válvulas electrohidráulicas SDV-20301/20311/20321/20331. La apertura o cierre de estas válvulas se ejecutará mediante el SCP. Las válvulas electrohidráulicas SDV-20301/20311/20321/20331 se utilizan para el paro rápido/recirculación en frío de los compresores, comandado desde el SCP a través del PLC del turbocompresor.

Sobre el cabezal de succión de baja presión 42"-GN-20300-D0A1, se cuenta con la bifurcación de la línea 6"-GN-20331-D0A1, con válvula de bloqueo manual HV-20313. Esta línea en operación normal alimenta al cabezal de gas combustible 6"-GN-20332-D0A1 el cual a su vez alimenta a los paquetes de acondicionamiento de gas combustible para las turbinas y el paquete de acondicionamiento de gas combustible para el generador eléctrico.

Cada uno de los turbocompresores contará con un panel de control ubicado a pie de equipo, que estará comunicado con el panel de control del turbocompresor (PLC-TC), el cual se localizará en el cuarto de control principal. La operación y control de cada turbocompresor, así como las protecciones, alarmas y secuencia de paro por emergencia, se realizará a través de los PLCs de cada unidad.

En las líneas de succión de los turbocompresores de gas Natural, 30"-GN-20301/20320/20340/20360- E0A1, se monitoreará de manera remota la temperatura de succión en el PLC-TC con el TIT- 20302/20312/20322/20332 y en el SCP con el TIT-20301/20311/20321/20331; ambos elementos de temperatura contarán con valores de alarma por baja, baja-baja, alta y alta-alta temperatura de succión. Los valores de alarma de temperatura deberán comunicarse con el PLC-TC de cada unidad de compresión y éstos deben ser utilizados como permisivos para el control del sistema “anti-surge”.

También en las líneas de succión se monitoreará la presión de forma local mediante los PG-20301/20311/20321/20331 y remota a través de los PIT-20301/20311/20321/20331 con valores de

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

alarma por alta, alta-alta, baja y baja-baja presión de succión del turbocompresor. Cada turbocompresor contará en las líneas de succión con un filtro en línea tipo cono de bruja, con transmisor indicador de presión diferencial PDIT-20302/20312/20322/20332, los cuales en caso de impurezas enviarán una señal para alarmar por alta presión diferencial y alta-alta presión diferencial.

En las líneas de descarga de los turbocompresores 24"-GN-20303/20322/20342/20362-E0A1, se monitoreará de manera local la presión y temperatura a través de los instrumentos PG-20302/20312/20322/20332 y TG-20303/20313/20323/20333, respectivamente; y de manera remota se colocarán los instrumentos TIT-20304/20314/20324/20334, los cuales alertarán al operador al presentarse una alarma por alta temperatura y alta-alta temperatura en la descarga de los turbocompresores.

También en las líneas de descarga se monitoreará la presión de forma remota a través de los PIT-20304/20338/20324/20334 con valores de alarma por alta, alta-alta, baja y baja-baja presión de descarga del turbocompresor.

En la línea de descarga de gas de los turbocompresores se contará con una línea de recirculación que se conecta con la línea de succión. En esta línea se incluirá una válvula “fast-stop”, SDV-20304/20314/20324/20334. El propósito de estas válvulas será asegurar la protección del compresor en caso de una condición de paro o arranque del equipo, permitiendo que no se presente bajo flujo o baja presión de gas a la succión y de esta manera evitar el fenómeno de “surge”. La lógica de control y operación de estas válvulas se define en acción conjunta con el proveedor del turbocompresor.

Las líneas de descarga de los turbocompresores contarán con las válvulas de seguridad, PSV-20301/20311/20321/20331 con punto de ajuste de 10921 kPag (1584 psig), la cual permitirá proteger el sistema de una sobrepresión debido a un desbocamiento del compresor.

G.3.2. Sistema de Enfriamiento

Una vez que el gas se comprime por medio de los turbocompresores TC-GN-2001/2002/2003/2004, el gas natural se enviará a los aeroenfriadores EC-GN-2001/2/3/4, los cuales son de tiro forzado y tienen una capacidad térmica que asegura que la temperatura de salida sea de 49°C (120 °F). Los datos de carga térmica, número de bahías, así como número y potencia de los motores de los ventiladores deberán ser proporcionados por el proveedor.

El turbocompresor TC-GN-2001 descargará a través de la línea 24"-GN-20303-E0A1 hacia el aeroenfriador EC-GN-2001; el turbocompresor TC-GN-2002 descargará a través de la línea de 24"-GN-20322-E0A1 hacia el aeroenfriador EC-GN-2002; el turbocompresor TC-GN-2003 descargará a través de la línea de 24"-GN-20342-E0A1 hacia el aeroenfriador EC-GN-2003 y el turbocompresor TC-GN-2004 descargará a través de la línea de 24"-GN-20362-E0A1 hacia el aeroenfriador EC-GN-2004.

Aguas abajo de los enfriadores, el gas fluirá a través de las líneas de 24"-GN-20308/20327/20347/20367-E0A1, donde se tiene un monitoreo remoto en el SCP de la temperatura y presión mediante el TIT-20305/20315/20325/20335 y PIT-20302/20312/20322/20332, respectivamente. Estos instrumentos contarán con las alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura; así mismo se contará con las alarmas por

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

alta presión y baja presión. Todas las bahías de enfriamiento cuentan con líneas de dren y venteo para mantenimiento.

Así mismo, se dispondrá de un medidor de flujo tipo placa de orificio, FE-20301/20311/20321/20331, el cual contará con un lazo de control a partir del TE-20306/20316/20326/20336, PIT-20303/20313/20323/ 20333 y FIT-20301/20311/20321/20331, los cuales envían la señal al PLC-TC del turbocompresor para medir el flujo de gas e indicar de manera remota mediante FI-20301/20311/20321/20331. En el SCP se mostrará una alarma por alto flujo y por bajo flujo.

De las líneas 24"-GN-20308/20327/20347/20367-E0A1 se extraen las siguientes líneas: línea de “anti- surge”, 16"-GN-20309/20328/20348/20368-E0A1, que se conecta en la succión de los turbocompresores TC-GN-2001/2002/2003/2004. Para cualquier eventualidad de emergencia, se derivará una línea de venteo, 8"-V-20308/20327/20347/20367-B0A1, donde se instalará la válvula BDV-20302A/20312A/ 20322A/20332A con su placa RO-20303/20313/20323/20333 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-20501-B0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-2001.

Las líneas 16"-GN-20309/20328/20348/20368-E0A1, contarán con una válvula de anti-surge, ASV-20301/20311/20321/20331, las cuales estarán gobernadas por el PLC del turbocompresor (PLC-TC) y su función principal será proteger el compresor del fenómeno de “surge” al aumentar el volumen y la presión del gas en la succión. La filosofía de control de estas válvulas será alcance del proveedor de los turbocompresores.

Continuando con el flujo de gas se instalarán las válvulas electrohidráulicas SDV-20303/20313/20323/20333, las cuales se utilizan para aislar el tren de compresión y enfriamiento, así como el paro rápido/recirculación en frío de los compresores, comandado desde el SCP a través del PLC del turbocompresor. Dichas válvulas cuentan con su línea bypass 4"-GN-20310/20329/20349/20369- D0A1 y con su válvula de bloqueo manual HV-20301A/20311A/20321A/20331A.

El gas proveniente de los aeroenfriadores EC-GN-2001/2/3/4, ingresará al cabezal común 42"-GN-20403- D0A1 con dirección a la trampa de envío de diablos, PL-GN-6002 (móvil).

G.4. Descarga de la Estación de Compresión

El gas natural de la descarga de los aeroenfriadores EC-GN-2001/2/3/4, será enviado al cabezal común 42"-GN-20403-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-20403-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-GN-20404-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-20401B con su placa RO-20401 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-20501-B0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-2001.

En el cabezal 42"-GN-20403-D0A1 se instalará la válvula automática de paro de emergencia ESDV-20401.

Se monitoreará la presión por medio del PIT-20402, el cual estará configurado con alarma por alta y alta- alta presión. La señal de alarma por alta-alta presión enviará una señal para cierre de la válvula ESDV- 20401, garantizando así la seguridad de la instalación por condiciones inseguras de alta

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

presión en el ducto, activando el sistema de paro por emergencia. La válvula ESDV-20401 contará con un bypass, 4"- GN-20408-D0A1, para cargar el sistema durante el arranque, abriendo la válvula manual HV-20401A tipo bola de 4 pulgadas. La válvula manual de carga HV-20401A, facilitará las operaciones de empaclado, purgado y apertura de la válvula ESDV-20401. La válvula HV-20401A, contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-20401, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula HV- 20401A.

Se tiene un monitoreo remoto en el SCP de la temperatura y presión mediante el TIT-20401 y PIT-20401, respectivamente. Estos instrumentos contarán con las alarmas por alta-alta temperatura; así mismo se contará con las alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión.

En la salida de la Estación Mata Ortiz (CS-2) se encontrará la trampa de envío de diablos móvil, PL-GN- 6002, para la limpieza e inspección del ducto, previo al envío al gasoducto de 48 pulgadas de diámetro externo, 48"-GN-60300-D0A2, con dirección a la Estación Cumpas (CS-3).

La trampa incluirá una válvula de bloqueo de 48" operada con motor eléctrico (XV-20404), un sensor local de paso de diablos, XS-10401, además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-10401, como en la línea de envío, PG-10402.

La Trampa de Envío de diablos, PL-GN-6002, tiene 56" de diámetro para el barril mayor y 48" de diámetro para el barril menor.

El gas de pateo para el lanzamiento del diablo se obtiene de la línea 16"-GN-20402-D0A1, proveniente del cabezal 42"-GN-20403-D0A1.

Sobre el barril mayor de la trampa de diablos, PL-GN-6002 se tiene la línea de venteo 3"-V-20402-D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gases; adicionalmente se tiene la línea de venteo 3"-V-20401- D0A1 que se conecta con la misma. Estas líneas tienen como propósito purgar el equipo PL-GN-6002 del gas natural entrampado posterior al lanzado del diablo sobre el ducto.

Aguas abajo de la trampa, sobre la línea 48"-GN-60300-D0A1 se tiene la Tee guiada BT-20403 para su conexión con la línea 48"-GN-20403-D0A1, posteriormente se tiene la Tee guiada BT-20404 para su conexión con la línea de venteo 16"-GN-20407-D0A1. El fin de la Tee guiada es poder dar libre paso al diablo sobre la tubería hacia el ducto.

Aguas abajo de la Tee guiada BT-20404, se instalará una junta dieléctrica monolítica, MDJ-20401, para proveer un aislamiento de la protección catódica del ducto hacia los componentes de la CS-2, y se realiza un cambio de especificación en la tubería 48"-GN-60300-D0A1 pasando a 48"-GN-60300-D0A2 aguas abajo de la junta monolítica.

A la salida de la Estación Mata Ortiz (CS-2), el gas natural será enviado hacia el gasoducto de 48 pulgadas de diámetro externo, 48"-GN-60300-D0A2, con dirección a la Estación Cumpas (CS-3).

G.5. Válvula de Seccionamiento en By-Pass de CS-2

La Estación de Compresión Mata Ortiz (CS-2) cuenta con el bypass 48"-GN-20405-D0A2, el cual será utilizado cuando no se requiera la utilización del Sistema de Compresión. El bypass estará interconectado aguas arriba de la válvula automática de paro por emergencia ESDV-20402, localizada en la línea proveniente de la frontera 48"-GN-20400-D0A1 (proveniente de Waha) y a la

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

salida de la válvula automática de paro por emergencia ESDV-20401, localizada a la salida de la Estación Mata Ortiz CS-2.

La línea 48"-GN-20405-D0A2 cuenta con la válvula de seccionamiento MLV-20409, la cual direccionará el flujo de gas a través o fuera de la Estación de Compresión Mata Ortiz(CS-2); la válvula MLV-20409 cuenta con el bypass 16"-GN-20409-D0A1.

La válvula MLV-20409 cuenta con un transmisor indicador de Presión corriente abajo y corriente arriba de la misma válvula PIT-20409A y PIT-20409B, así como un transmisor indicador de temperatura TIT-20409 corriente debajo de la MLV-20409; las señales serán enviadas al sistema SCADA a través de la UTR y serán desplegadas en el PI-20409A, PI-20409B y TI-20409.

La válvula MLV-20409 cuenta con una línea de venteo acondicionada con tapa de apertura rápida tipo “davit” y una conexión rápida para el sistema de recuperación de venteos, corriente abajo y corriente arriba de la misma válvula MLV-20409.

La válvula MLV-20409 será equipada con un dispositivo de “linebreak” que cerrará el actuador cuando se detecte una caída de presión súbita, permitiendo el cierre en caso de fuga en el gasoducto.

La acción de cierre de la válvula MVL-20409 se podrá realizar de forma remota a través del sistema SCADA y de forma local a través de una botonera.

G.6. Paro de la Estación de Compresión

G.6.1. Paro normal por mantenimiento

La Estación de Compresión tendrá un paro programado para trabajos de inspección y mantenimiento. Tales paros normales serán de rutina, planeados y calendarizados considerando la disponibilidad de los equipos necesarios y utilizados durante el mantenimiento.

Los objetivos de un paro normal son:

1. Suspensión segura de operación.
2. Purgado de aquellas áreas de la estación donde son necesarios los trabajos de mantenimiento.

Para proceder al paro de la estación se debe de notificar a todas las unidades de proceso afectadas acerca del tiempo programado de paro.

G.6.1. Paro del Suministro del Gas Natural

El paro del suministro de gas natural a los diferentes usuarios podría obedecer a las siguientes diferentes situaciones de emergencia:

- Ruptura de línea.
- Corrosión externa.
- Daño por terceros (movimiento de terreno, excavaciones, construcción, fuego externo, accidentes carreteros).

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Derrumbe o deslave por causas naturales.
- Cierre en falso de alguna ESDV.

G.7. Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares en la Estación de Compresión Mata Ortiz CS-2 son:

- Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Turbinas
- Sistema de Venteo de Gas
- Sistema de Recuperación de Gas
- Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Generador de Energía
- Sistema de Drenaje de Condensados
- Sistema de Drenaje Aceitoso
- Sistema de Aire Comprimido
- Sistema de Agua de Servicios
- Sistema de Generación Eléctrica a Gas
- Sistema de Generación Eléctrica Dual

G.7.1. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-2001) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-2001, el cual contará con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-2071A/2072A y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-2071A/2072A.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-2001 por la línea 3"-FG-20700- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-20701 y el transmisor indicador de presión PIT-20701. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-2071A/2072A uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-20701/20702, enviando una señal para lectura remota, PDI-20701/20702, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-20701/2, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-20701/2, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

20701A/2A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-20701-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-2071A/2A, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 2001, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-20701E/F y TIT-20702E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-20701A/2B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-20701/3, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-20702/4, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG-20702- D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV- 20703, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-20700- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-20702-D0A1 se localizará el PIT-20702, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, la línea de salida contará con la válvula SDV-20702 y la válvula BDV-20701A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-2001.

G.7.2. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-2002) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-2002, el cual contara con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-2071/2072B y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-2071B1/2072B.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-2002 por la línea 3"-FG-20720- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-20711 y el transmisor indicador de presión

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

PIT-20711. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-2071/2072B uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-20711/20712, enviando una señal para lectura remota, PDI-20711/20712, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-20711/20712, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-20711/20712, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-20711A/20712A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-20720-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-2071/2072B, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 2002, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-20711E/F y TIT-20712E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-20711/20712B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-20711/20713, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-20712/20714, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 20722-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-20713, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-20720- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-20722-D0A1 se localizará el PIT-20712, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-20712, la línea de salida contará con la válvula SDV-20712 y la válvula BDV-20711A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-2002.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

G.7.3. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-2003) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-2003, el cual contara con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-2071/2072C y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-2071C/2072C.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-2003 por la línea 3"-FG-20740- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-20721 y el transmisor indicador de presión PIT-20721. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-2071C/2072C uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-20721/20722, enviando una señal para lectura remota, PDI-20721/20722, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-20721/20722, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-20721/20722, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-20721A1/20722A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-20741-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-2071C/20712C, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 2003, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-20721E/F y TIT-20722E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-20721B/20722B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-20721/20723, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-20722/20724, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 20742-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-20723, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-20740- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-20742-D0A1 se localizará el PIT-20722, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-20722, la línea de salida contará con la válvula SDV-20722 y la válvula BDV-20721A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-2003.

G.7.4. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-2004) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-2004, el cual contara con los siguientes equipos:

Dos (2) filtros separadores FS-FG-2071/2072D y dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-2071D/2072D.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-2004 por la línea 3"-FG-20760- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-20731 y el transmisor indicador de presión PIT-20731. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-2071D/2072D uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-20731/20732, enviando una señal para lectura remota, PDI-20731/20732, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-20731/20732, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-20731/20732, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-20731A/20732A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-20761-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-2071D/2072D, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 2004, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-20731E/F y TIT-20732E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-20731B/20732B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-20731/20733, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-20732/20734, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 20762-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-20733, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-20760- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-20762-D0A1 se localizará el PIT-20732, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-20732, la línea de salida contará con la válvula SDV-21232 y la válvula BDV-20731A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-2004.

G.7.5. Sistema de Venteo de Gas

El sistema de venteo general estará integrado por dos cabezales, uno de alta presión 16"-V-20501-B0A1 y uno de baja presión 16"-V-20502-A0A1, los cuales concurren en la columna de venteo VC-V-2001.

Sobre el cabezal de baja presión 16"-V-20502-A0A1 se encuentra el orificio de restricción RO-20501 y sobre el cabezal de alta presión 16"-V-20501-B0A1 se encuentra el orificio de restricción RO-20502. El uso de placas de restricción "RO", permite un correcto funcionamiento del sistema de venteo al controlar la presión de operación.

La columna de venteo VC-V-2001 opera a presión atmosférica.

G.7.6. Sistema de Recuperación de Gas

Al sistema de recuperación de gas llegan los venteos por mantenimiento o algún paro programado de las siguientes:

Todos estos venteos llegan al cabezal 4"-V-20520-D0A1 que descarga al recipiente R-V-20921. En el cabezal 4"-V-20520-D0A1 se contará con un transmisor indicador de presión PIT-20521, con indicación de presión en el SCP, PI-20521, en el cual se configurarán una alarma por baja presión en el SCP. Así mismo, sobre este cabezal se instalará un transmisor indicador de flujo, FIT-20521, tipo multivariable y un termopar TE-20521, para hacer el ajuste por temperatura en la medición de flujo. En el SCP se tendrá una indicación de flujo, FI-20521.

El tanque booster tipo knock-out R-V-20921 contará con un vidrio de nivel, LG-20521, un indicador de presión, PG-20521, y un indicador de temperatura TW/TG-20521. Así mismo, se instalará una

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

válvula de seguridad PSV-20521, la cual desfogará hacia la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig). En el fondo del tanque se recolectarán los condensados que se separan a través del demister, para posteriormente disponer de los condensados a través de la línea 2"-CD-20520-D0A1 donde se tendrá una placa de restricción RO-20521 la cual reducirá la presión, para que el fluido se pueda conducir hasta el recipiente de condensados.

A la salida del recipiente R-V-20921 se podrá enviar el gas hacia el sistema de recuperación de gas venteos PK-V-2001 por medio de la línea 4"-NG-20520-D0A1 o hacia el sistema de acondicionamiento de gas combustible para generadores eléctricos PK-FG-2005 mediante la línea 1 1/2"-FG-20520-D0A1.

El proveedor del sistema de recuperación de gas venteos PK-V-2001 deberá entregar la filosofía de operación del paquete. Este paquete tiene la función de reinyectar el gas natural a través de un motocompresor hacia la línea 42"-GN-20403-D0A1. Así mismo, el paquete PK-V-2001 contará con la línea de bypass 3"-GN-20521-D0A1 con válvula manual tipo bola y válvula check, la cual se utilizará cuando la presión sea suficiente para la reinyección del gas sin requerir la operación del PK-V-2001.

Tabla 37. Documentos de referencia de proceso de la estación CS2

Nombre	Clave del plano	Anexo
Diagrama de Flujo de Proceso Estación CS2	SM-200-WOR-PR-PFD-00001-S_00-signed.pdf	Anexo_ER_9. Diagramas CS2
DTI Filtros Separadores CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00001-01-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00001-02-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00001-03-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00003-01-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00003-02-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00003-03-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00003-04-S_00-signed.pdf	
DTI Trampa de diablos de envío y recibo de GN CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00004-01-S_00-signed.pdf	
DTI Trampa de diablos de envío y recibo de GN CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00004-02-S_00-signed.pdf	
DTI Sistema de recuperación de gas CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00005-01-S_00-signed.pdf	
DTI Sistema de recuperación de gas CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00005-02-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00007-01-S_00-signed.pdf	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Nombre	Clave del plano	Anexo
DTI Gas combustible CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00007-02-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00007-03-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS2	SM-200-WOR-PR-PID-00007-04-S_00-signed.pdf	

H. Estación de Cumpas CS3

A continuación, se indica la descripción del proceso de alimentación, filtración, compresión, enfriamiento y descarga de gas natural de la Estación de Compresión Cumpas (CS-3), así como todos los servicios auxiliares asociados a los equipos principales. En la Estación de Compresión Cumpas CS-3, el gas natural se recibe proveniente de la Estación de Compresión Mata Ortiz CS-2.

H.1. Alimentación a la estación de compresión

La alimentación del flujo de gas natural será a través del gasoducto proveniente de la Estación de Compresión Mata Ortiz CS-2, el cual suministrará un flujo máximo de 2671 MMPCSD con una presión de operación de 5137 kPag (745 psig), entrando a la estación de compresión CS-3 a través de la línea 48"- GN-60300-D0A2, la cual contará con una junta aislante monoblock, MDJ-30421, para evitar la transición de corriente alterna.

Aguas abajo de la junta MDJ-30421 se localiza la Trampa de Recibo de Diablos (móvil), PR-GN-6001, para la limpieza e inspección del ducto. La trampa incluirá una válvula de bloqueo de 48" operada con motor eléctrico (XV-30405), un sensor local de paso de diablos, XS-10402; además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-10404, como en la línea de recibo, PG-10403.

El gas de pateo para el lanzamiento del diablo se obtiene de la línea 16"-GN-30406-D0A1, proveniente del cabezal 48"-GN-60300-D0A1.

Sobre el barril mayor de la trampa de diablos PR-GN-6001, se tiene la línea de venteo 3"-V-30404-D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gases; adicionalmente se tiene la línea de venteo 3"-V-20405- D0A1 que se conecta con la misma. Estas líneas tienen como propósito purgar el equipo PR-GN-6001 del gas natural atrapado posterior al lanzamiento del diablo sobre el ducto.

Aguas abajo de la trampa, sobre la línea 48"-GN-60200-D0A1, se tiene la Tee guiada BT-30402 para su conexión con la línea 48"-GN-30400-D0A1; además, se tiene la Tee guiada BT-30401 para su conexión con la línea de venteo 16"-GN-30408-D0A1. El fin de la Tee guiada es poder dar libre paso al diablo sobre la tubería hacia el ducto.

Aguas abajo de la Tee Guiada BT-30402, se localiza la válvula automática de paro por emergencia ESDV- 30402, esta válvula contará con una línea de by-pass, 4"-GN-30407-D0A1, para cargar el sistema durante el arranque, abriendo la válvula manual HV-30403. La válvula manual de carga HV-30403 facilitará las operaciones de empacado, purgado. La válvula HV-30403, contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-30403, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Previo a la ESDV-30402 se contará con un PIT-30402A para monitorear la presión desde el SCP, el cual tendrá configurado una alarma por alta presión, baja presión y alta-alta presión. También sobre la línea 42"-GN-30400-D0A1 se contará con un TIT-30402A para monitorear la temperatura desde el SCP, el cual tendrá configurada una alarma por alta-alta temperatura.

Del cabezal de suministro 42"-GN-30400-D0A1, se interconecta la línea de 6"-GN-30107-D0A1 la cual se interconectará con la línea 6"-GN-30332-D0A1 para abastecer al paquete de gas combustible PK-FG- 3001/2/3/4. La línea 6"-GN-30107-D0A1 cuenta con una válvula check seguida de una válvula manual HV-30102C, para que una vez trabajando la estación de compresión CS-3 en operación normal, esta válvula se cierre y únicamente se suministre GN mediante la línea 6"-GN-30331-D0A1.

H.2. Filtración

El gas natural proveniente de la Estación de Compresión Mata Ortiz CS-2 ingresará a los filtros separadores tipo coalescedor en un arreglo 4+1 (FS-GN-3001/FS-GN-3002/FS-GN-3003/FS-GN-3004/ FS-GN-3005) por medio de la línea 42"-GN-30400-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-30400-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-30109-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-30101B con su placa RO-30101 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 8"-V-30503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-3001.

El gas natural que proviene del cabezal 42"-GN-30400-D0A1 se envía hacia los filtros separadores FS- GN-3001/FS-GN-3002/FS-GN-3003/FS-GN-3004/FS-GN-3005 por las líneas 24"-GN-30101/30102/ 30121/30122/30143-D0A1, respectivamente.

La presión diferencial de cada uno de los filtros será monitoreada por transmisores indicadores de presión diferencial, los cuales a su vez mediante un panel local enviarán la señal a los indicadores de presión diferencial PDI-30101/30102/30111/30112/30121; estos indicadores tendrán la función de monitorear la saturación del equipo mediante la caída de presión. La máxima caída de presión permisible será de 70 kPa (10.0 psi).

Al presentarse una caída de presión igual o mayor a la máxima permisible se enviará una señal electrónica analógica de 4-20 mA con protocolo HART a través del SCP. Los PDI-30101/30102/30111/30112/30121 estarán configurados con alarmas por alta presión diferencial y alta-alta presión diferencial. Estas alarmas serán desplegadas en el HMI y notificarán al operador que es necesario realizar mantenimiento al filtro en operación.

Los filtros tendrán instrumentación local para monitorear las variables de presión y temperatura, TG-30101/2/4/5/6 y PG-30101/2/3/4/5.

La línea de succión al filtro FS-GN-3001, 24"-GN-30101-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-30102A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-30103-D0A1, cuenta con una válvula XV-30103A.

La línea de succión al filtro FS-GN-3002, 24"-GN-30102-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-30102B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-30104-D0A1, cuenta con una válvula XV-30103B.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

La línea de succión al filtro FS-GN-3003, 24"-GN-30121-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-30112A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-30123-D0A1, cuenta con una válvula XV-30113A.

La línea de succión al filtro FS-GN-3004, 24"-GN-30122-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-30112B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-30124-D0A1, cuenta con una válvula XV-30113B.

La línea de succión al filtro FS-GN-3005, 24"-GN-30143-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-30122A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-30142-D0A1, cuenta con una válvula XV-30123A.

La principal función de estas válvulas es aislar de la operación o permitirles su operación a los filtros en el proceso, según sea el caso.

El condensado que se recupere en cada uno de los filtros se canalizará a la pierna de nivel y será monitoreado por un indicador de nivel local LG-30101A/B, LG-30102A/B, LG-30111A/B, LG-30112A/B y LG-30121A/B, y un transmisor indicador de nivel LIT-30101A/B, LIT-30102A/B, LIT-30111A/B, LIT-30112A/B y LIT-30121A/B con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SCP por medio de un lazo de 4-30 mA HART, accionando las válvulas de nivel.

Así mismo, se contará con transmisores indicadores de nivel redundantes LIT-30101C/D, LIT-30102C/D, LIT-30111C/D, LIT-30112A/B y LIT-30121C/D con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SPE para tomar las medidas necesarias, para evitar el arrastre de condensados que pueda causar daños a los turbocompresores.

El condensado proveniente de los filtros FS-GN-3001/2002/2003/2004/2005 será enviado a través de la línea 2"-CD-30100/20101/20120/20121/20140-A0A1, en donde aguas abajo se cuenta con un transmisor indicador de flujo (FIT-30101/20102/20103/20104/20105), el cual enviará una señal al SCP de alarma por alto-alto flujo y alto flujo. También se contará con una placa de orificio (RO-30103/20104/20105/20106/20107), la cual reducirá la presión en el límite del equipo paquete de los filtros, para que el fluido circule hasta el cabezal 2"-CD-30100-A0A1 que descarga al recipiente.

El condensado será enviado mediante el accionamiento de las válvulas de nivel automático tipo on/off, LV-30101/20102, LV-30103/20104, LV-30105/20106, LV-30107/20108 y LV-30109/20110. El accionamiento de apertura y cierre de estas válvulas será por acción eléctrica de 24 VCD, mediante las válvulas solenoide de tres vías, las cuales recibirán señal de los transmisores de nivel LIT-30101A/B, LIT-30102A/B, LIT-30111A/B, LIT-30112A/B y LIT-30121A/B. Las válvulas de control de nivel abrirán cuando se presente un nivel alto accionado por el comando configurado LSH-30101A/B, LSH-30102A/B y LSH-30111A/B, LSH-30112A/B y LSH-30121A/B cerrarán una vez que se detecte bajo nivel a través del mando configurado LSL-30101A/B, LSL-30102A/B, LSL-30111A/B, LSL-30112A/B y LSL-30121A/B.

Cuando falle el suministro de aire en el actuador de las válvulas de control de nivel, estas cerrarán completamente y su estatus se verificará desde el SCP. Las válvulas de nivel están equipadas con actuador neumático de pistón de acción doble y usarán como fuerza motriz la presión del aire de

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

instrumentos. Para el mantenimiento de estas válvulas de control de nivel, existe un bypass con válvula de corte manual tipo bola de 2”, en posición normalmente cerrada.

Para protección de una sobrepresión en los filtros, se contará con una válvula de seguridad por cada filtro, PSV-30101/20102/20103/20104/20105, con una presión de ajuste de 9928 kPag (1440 psig). Estas válvulas desfogarán a un sitio seguro hacia la atmósfera a través de las líneas 2"-V-30106/20107/20126/20127/20143-A0A1.

El gas filtrado será enviado a través de las líneas 24"-GN-30103/20104/20123/20124/20142-D0A1 que se conectan con el cabezal común 42"-GN-30105-D0A1 el cual alimenta a los turbocompresores TC-GN- 3001/2002/2003/2004.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-30105-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-30108-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-30102D con su placa RO-30102 para ventear el gas hacia el cabezal de baja presión 8"-V-30503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-3001.

H.3. Compresión y Enfriamiento

H.3.1. Sistema de Compresión

La descarga de los filtros FS-GN-3001/FS-GN-3002/FS-GN-3003/FS-GN-3004/FS-GN-3005 será enviada a un cabezal común 42"-GN-30105-D0A1, localizado a la succión de los turbocompresores de gas Natural (TC-GN-3001/3002/3003/3004).

El gas natural se enviará hacia los turbocompresores TC-GN-3001/3002/3003/3004 a través del cabezal de succión de baja presión 42"-GN-30300-D0A1. En caso de una condición insegura en la estación, este cabezal contará con la línea 8"-V-30300-D0A1, la cual contará con una BDV-30301B con su respectivo RO-30301 para mitigar la presión aguas abajo del gas a ventear hacia la columna de venteo VC-V-3001. El accionamiento de la BDV es mediante aire de instrumentos.

En el cabezal 42"-GN-30300-D0A1 se extraen las líneas 30"-GN-30301/30320/30340/30360-D0A1 para la succión de los compresores TC-GN-3001/2/3/4. Para aislar los equipos de compresión se contará con las válvulas electrohidráulicas SDV-30301/30311/30321/30331. La apertura o cierre de estas válvulas se ejecutará mediante el SCP. Las válvulas electrohidráulicas SDV-30301/30311/30321/30331 se utilizan para el paro rápido/recirculación en frío de los compresores, comandado desde el SCP a través del PLC del turbocompresor.

Sobre el cabezal de succión de baja presión 42"-GN-30300-D0A1, se cuenta con la bifurcación de la línea 6"-GN-30331-D0A1, con válvula de bloqueo manual HV-30313. Esta línea en operación normal alimenta al cabezal de gas combustible 6"-GN-30332-D0A1 el cual a su vez alimenta a los paquetes de acondicionamiento de gas combustible para las turbinas y el paquete de acondicionamiento de gas combustible para el generador eléctrico.

Cada uno de los turbocompresores contará con un panel de control ubicado a pie de equipo, que estará comunicado con el panel de control del turbocompresor (PLC-TC), el cual se localizará en el cuarto de control principal. La operación y control de cada turbocompresor, así como las

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

protecciones, alarmas y secuencia de paro por emergencia, se realizará a través de los PLCs de cada unidad.

En las líneas de succión de los turbocompresores de gas Natural, 30"-GN-30301/30320/30340/30360- E0A1, se monitoreará de manera remota la temperatura de succión en el PLC-TC con el TIT- 30302/30312/30322/30332 y en el SCP con el TIT-30301/30311/30321/30331; ambos elementos de temperatura contarán con valores de alarma por baja, baja-baja, alta y alta-alta temperatura de succión. Los valores de alarma de temperatura deberán comunicarse con el PLC-TC de cada unidad de compresión y éstos deben ser utilizados como permisivos para el control del sistema “anti-surge”.

También en las líneas de succión se monitoreará la presión de forma local mediante los PG-30301/30311/30321/30331 y remota a través de los PIT-30301/30311/30321/30331 con valores de alarma por alta, alta-alta, baja y baja-baja presión de succión del turbocompresor. Cada turbocompresor contará en las líneas de succión con un filtro en línea tipo cono de bruja, con transmisor indicador de presión diferencial PDIT-30302/30312/30322/30332, los cuales en caso de impurezas enviarán una señal para alarmar por alta presión diferencial y alta-alta presión diferencial.

En las líneas de descarga de los turbocompresores 24"-GN-30303/30322/30342/30362-E0A1, se monitoreará de manera local la presión y temperatura a través de los instrumentos PG-30302/30312/30322/30332 y TG-30303/30313/30323/30333, respectivamente; y de manera remota se colocarán los instrumentos TIT-30304/30314/30324/30334, los cuales alertarán al operador al presentarse una alarma por alta temperatura y alta-alta temperatura en la descarga de los turbocompresores.

También en las líneas de descarga se monitoreará la presión de forma remota a través de los PIT-30304/30338/30324/30334 con valores de alarma por alta, alta-alta, baja y baja-baja presión de descarga del turbocompresor.

En la línea de descarga de gas de los turbocompresores se contará con una línea de recirculación que se conecta con la línea de succión. En esta línea se incluirá una válvula “fast-stop”, SDV-30304/30314/30324/30334. El propósito de estas válvulas será asegurar la protección del compresor en caso de una condición de paro o arranque del equipo, permitiendo que no se presente bajo flujo o baja presión de gas a la succión y de esta manera evitar el fenómeno de “surge”. La lógica de control y operación de estas válvulas se define en acción conjunta con el proveedor del turbocompresor.

Las líneas de descarga de los turbocompresores contarán con las válvulas de seguridad, PSV-30301/30311/30321/30331 con punto de ajuste de 10921 kPag (1584 psig), la cual permitirá proteger el sistema de una sobrepresión debido a un desbocamiento del compresor.

H.3.2. Sistema de Enfriamiento

Una vez que el gas se comprime por medio de los turbocompresores TC-GN-3001/3002/3003/3004, el gas natural se enviará a los aeroenfriadores EC-GN-3001/2/3/4 (cada uno con 4 bahías A/B/C/D), los cuales son de tiro forzado y tienen una capacidad térmica que asegura que la temperatura de salida sea de 49°C (120 °F). Los datos de carga térmica, número de bahías, así como número y potencia de los motores de los ventiladores deberán ser proporcionados por el proveedor.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

El turbocompresor TC-GN-3001 descargará a través de la línea 24"-GN-30303-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-3001; el turbocompresor TC-GN-3002 descargará a través de la línea de 24"-GN-30322-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-3002; el turbocompresor TC-GN-3003 descargará a través de la línea de 24"-GN-30342-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-3003 y el turbocompresor TC-GN-3004 descargará a través de la línea de 24"-GN-30362-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-3004.

Aguas abajo de los enfriadores, el gas fluirá a través de las líneas de 24"-GN-30308/30327/30347/30367-E0A1, donde se tiene un monitoreo remoto en el SCP de la temperatura y presión mediante el TIT-30305/30315/30325/30335 y PIT-30302/30312/30322/30332, respectivamente. Estos instrumentos contarán con las alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura; así mismo se contará con las alarmas por alta presión y baja presión. Todas las bahías de enfriamiento cuentan con líneas de dren y venteo para mantenimiento.

Así mismo, se dispondrá de un medidor de flujo tipo placa de orificio, FE-30301/30311/30321/30331, el cual contará con un lazo de control a partir del TE-30306/30316/30326/30336, PIT-30303/30313/30323/30333 y FIT-30301/30311/30321/30331, los cuales envían la señal al PLC-TC del turbocompresor para medir el flujo de gas e indicar de manera remota mediante FI-30301/30311/30321/30331. En el SCP se mostrará una alarma por alto flujo y por bajo flujo.

De las líneas 24"-GN-30308/30327/30347/30367-E0A1 se extraen las siguientes líneas: línea de “anti-surge”, 16"-GN-30309/30328/30348/30368-E0A1, que se conecta en la succión de los turbocompresores TC-GN-3001/3002/3003/3004. Para cualquier eventualidad de emergencia, se derivará una línea de venteo, 8"-V-30308/30327/30347/30367-B0A1, donde se instalará la válvula BDV-30302A/30312A/30322A/30332A con su placa RO-30303/30313/30323/30333 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-30501-B0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-3001.

Las líneas 16"-GN-30309/30328/30348/30368-E0A1, contarán con una válvula de anti-surge, ASV-30301/30311/30321/30331, las cuales estarán gobernadas por el PLC del turbocompresor (PLC-TC) y su función principal será proteger el compresor del fenómeno de “surge” al aumentar el volumen y la presión del gas en la succión. La filosofía de control de estas válvulas será alcance del proveedor de los turbocompresores.

Continuando con el flujo de gas se instalarán las válvulas electrohidráulicas SDV-30303/30313/30323/30333, las cuales se utilizan para aislar el tren de compresión y enfriamiento, así como el paro rápido/recirculación en frío de los compresores, comandado desde el SCP a través del PLC del turbocompresor. Dichas válvulas cuentan con su línea bypass 4"-GN-30310/30329/30349/30369-D0A1 y con su válvula de bloqueo manual HV-30301A/30311A/30321A/30331A.

El gas proveniente de los aerofriadores EC-GN-3001/2/3/4, ingresará al cabezal común 42"-GN-30403-D0A1 con dirección a la trampa de envío de diablos, PL-GN-6002 (móvil).

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

H.4. Descarga de la Estación de Compresión

El gas natural de la descarga de los aeroenfriadores EC-GN-3001/2/3/4, será enviado al cabezal común 42"-GN-30403-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-30403-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-GN-30404-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-30401B con su placa RO-30401 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-30501-B0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-3001.

En el cabezal 42"-GN-30403-D0A1 se instalará la válvula automática de paro de emergencia ESDV-30401.

Se monitoreará la presión por medio del PIT-30402, el cual estará configurado con alarma por alta y alta-alta presión. La señal de alarma por alta-alta presión enviará una señal para cierre de la válvula ESDV- 30401, garantizando así la seguridad de la instalación por condiciones inseguras de alta presión en el ducto, activando el sistema de paro por emergencia. La válvula ESDV-30401 contará con un bypass, 4"- GN-30408-D0A1, para cargar el sistema durante el arranque, abriendo la válvula manual HV-30401A tipo bola de 4 pulgadas. La válvula manual de carga HV-30401A, facilitará las operaciones de empacado, purgado y apertura de la válvula ESDV-30401. La válvula HV-30401A, contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-30401, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula HV- 30401A.

Se tiene un monitoreo remoto en el SCP de la temperatura y presión mediante el TIT-30401 y PIT-30401, respectivamente. Estos instrumentos contarán con las alarmas por alta-alta temperatura; así mismo se contará con las alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión.

En la salida de la Estación Cumpas (CS-3) se encontrará la trampa de envío de diablos móvil, PL-GN- 6002, para la limpieza e inspección del ducto, previo al envío al gasoducto de 48 pulgadas de diámetro externo, 48"-GN-60400-D0A2, con dirección a la Estación Santa Ana (CS-4).

La trampa incluirá una válvula de bloqueo de 48" operada con motor eléctrico (XV-30404), un sensor local de paso de diablos, XS-10401, además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-10401, como en la línea de envío, PG-10402.

La Trampa de Envío de diablos, PL-GN-6002, tiene 56" de diámetro para el barril mayor y 48" de diámetro para el barril menor.

El gas de pateo para el lanzamiento del diablo se obtiene de la línea 16"-GN-30402-D0A1, proveniente del cabezal 42"-GN-30403-D0A1.

Sobre el barril mayor de la trampa de diablos, PL-GN-6002 se tiene la línea de venteo 3"-V-30402-D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gases; adicionalmente se tiene la línea de venteo 3"-V-30401- D0A1 que se conecta con la misma. Estas líneas tienen como propósito purgar el equipo PL-GN-6002 del gas natural atrapado posterior al lanzamiento del diablo sobre el ducto.

Aguas abajo de la trampa, sobre la línea 48"-GN-60300-D0A1 se tiene la Tee guiada BT-30403 para su conexión con la línea 48"-GN-30403-D0A1, posteriormente se tiene la Tee guiada BT-30404 para

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

su conexión con la línea de venteo 16"-GN-30407-D0A1. El fin de la Tee guiada es poder dar libre paso al diablo sobre la tubería hacia el ducto.

Aguas abajo de la Tee guiada BT-30404, se instalará una junta dieléctrica monolítica, MDJ-30401, para proveer un aislamiento de la protección catódica del ducto hacia los componentes de la CS-2, y se realiza un cambio de especificación en la tubería 48"-GN-60300-D0A1 pasando a 48"-GN-60300-D0A2 aguas abajo de la junta monolítica.

A la salida de la Estación Cumpas (CS-3), el gas natural será enviado hacia el gasoducto de 48 pulgadas de diámetro externo, 48"-GN-60400-D0A2, con dirección a la Estación Santa Ana (CS-4).

H.5. Válvula de Seccionamiento en By-Pass de CS-3

La Estación de Compresión Mata Ortiz (CS-3) cuenta con el bypass 48"-GN-30405-D0A2, el cual será utilizado cuando no se requiera la utilización del Sistema de Compresión. El bypass estará interconectado aguas arriba de la válvula automática de paro por emergencia ESDV-30402, localizada en la línea proveniente de frontera 48"-GN-30400-D0A1 (proveniente de Waha) y a la salida de la válvula automática de paro por emergencia ESDV-30401, localizada a la salida de la Estación Mata Ortiz CS-3.

La línea 48"-GN-30405-D0A2 cuenta con la válvula de seccionamiento MLV-30416, la cual direccionará el flujo de gas a través o fuera de la Estación de Compresión Cumpas (CS-3); la válvula MLV-30416 cuenta con el bypass 16"-GN-30409-D0A1.

La válvula MLV-30416 cuenta con un transmisor indicador de Presión corriente abajo y corriente arriba de la misma válvula PIT-30416A y PIT-30416B, así como un transmisor indicador de temperatura TIT-30416 corriente debajo de la MLV-30416; las señales serán enviadas al sistema SCADA a través de la UTR y serán desplegadas en el PI-30416A, PI-30416B y TI-30416.

La válvula MLV-30416 cuenta con una línea de venteo acondicionada con tapa de apertura rápida tipo “davit” y una conexión rápida para el sistema de recuperación de venteos, corriente abajo y corriente arriba de la misma válvula MLV-30416.

La válvula MLV-30416 será equipada con un dispositivo de “linebreak” que cerrará el actuador cuando se detecte una caída de presión súbita, permitiendo el cierre en caso de fuga en el gasoducto.

La acción de cierre de la válvula MVL-30416 se podrá realizar de forma remota a través del sistema SCADA y de forma local a través de una botonera.

H.6. Paro de la estación de compresión

H.6.1. Paro normal por mantenimiento

La Estación de Compresión tendrá un paro programado para trabajos de inspección y mantenimiento. Tales paros normales serán de rutina, planeados y calendarizados considerando la disponibilidad de los equipos necesarios y utilizados durante el mantenimiento.

Los objetivos de un paro normal son:

1. Suspensión segura de operación.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

2. Purgado de aquellas áreas de la estación donde son necesarios los trabajos de mantenimiento.

Para proceder al paro de la estación se debe de notificar a todas las unidades de proceso afectadas acerca del tiempo programado de paro.

H.6.2. Paro del suministro de gas natural

El paro del suministro de gas natural a los diferentes usuarios podría obedecer a las siguientes diferentes situaciones de emergencia:

- Ruptura de línea.
- Corrosión externa.
- Daño por terceros (movimiento de terreno, excavaciones, construcción, fuego externo, accidentes carreteros).
- Derrumbe o deslave por causas naturales.
- Cierre en falso de alguna ESDV.

H.7. Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares en la Estación de Compresión Mata Ortiz CS-3 son:

- Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Turbinas
- Sistema de Venteo de Gas
- Sistema de Recuperación de Gas
- Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Generador de Energía
- Sistema de Drenaje de Condensados
- Sistema de Drenaje Aceitoso
- Sistema de Aire Comprimido
- Sistema de Agua de Servicios
- Sistema de Generación Eléctrica a Gas
- Sistema de Generación Eléctrica Dual

H.7.1. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-3001) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-3001, el cual contará con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-3071A/2072A y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-3071A/2072A.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-3001 por la línea 3"-FG-30700- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-30701 y el transmisor indicador de presión PIT-30701.

Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-3071A/2072A uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-30701/20702, enviando una señal para lectura remota, PDI-30701/20702, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-30701/2, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-30701/2, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-30701A/2A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-30701-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-3071A/2A, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 3001, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-30701E/F y TIT-30702E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-30701A/2B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-30701/3, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-30702/4, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG-30702- D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV- 30703, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-30700- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Sobre la línea 3"-FG-30702-D0A1 se localizará el PIT-30702, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, la línea de salida contará con la válvula SDV-30702 y la válvula BDV-30701A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-3001.

H.7.2. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-3002) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-3002, el cual contara con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-3071/3072B y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-3071B1/3072B.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-3002 por la línea 3"-FG-30720- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-30711 y el transmisor indicador de presión PIT-30711. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-3071/2072B uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-30711/30712, enviando una señal para lectura remota, PDI-30711/30712, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-30711/30712, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-30711/30712, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-30711A/30712A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-30720-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-3071/3072B, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 3002, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-30711E/F y TIT-30712E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-30711/30712B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-30711/30713, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-30712/30714, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 30722-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-30713, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-30720- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-30722-D0A1 se localizará el PIT-30712, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-30712, la línea de salida contará con la válvula SDV-30712 y la válvula BDV-30711A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-3002.

H.7.3. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-3003) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-3003, el cual contara con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-3071/3072C y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-3071C/3072C.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-3003 por la línea 3"-FG-30740- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-30721 y el transmisor indicador de presión PIT-30721. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-3071C/3072C uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-30721/30722, enviando una señal para lectura remota, PDI-30721/30722, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-30721/30722, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-30721/30722, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-30721A1/30722A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-30741-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-3071C/30712C, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 3003, para ello se contará con un transmisor indicador de

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

temperatura, TIT-30721E/F y TIT-30722E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-30721B/30722B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-30721/30723, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-30722/30724, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 30742-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-30723, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-30740- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-30742-D0A1 se localizará el PIT-30722, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-30722, la línea de salida contará con la válvula SDV-30722 y la válvula BDV-30721A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-3003.

H.7.4. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-3004) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-3004, el cual contara con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-3071/3072D y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-3071D/3072D.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-3004 por la línea 3"-FG-30760- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-30731 y el transmisor indicador de presión PIT-30731. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-3071D/3072D uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-30731/30732, enviando una señal para lectura remota, PDI-30731/30732, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

de nivel, LIT-30731/30732, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-30731/30732, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-30731A/30732A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-30761-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-3071D/3072D, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 3004, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-30731E/F y TIT-30732E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-30731B/30732B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-30731/30733, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-30732/30734, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 30762-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-30733, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-30760- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-30762-D0A1 se localizará el PIT-30732, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-30732, la línea de salida contará con la válvula SDV-31232 y la válvula BDV-30731A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-3004.

H.7.5. Sistema de venteo de gas

El sistema de venteo general estará integrado por dos cabezales, uno de alta presión 16"-V-30501-B0A1 y uno de baja presión 16"-V-30502-A0A1, los cuales concurren en la columna de venteo VC-V-3001.

Sobre el cabezal de baja presión 16"-V-30502-A0A1 se encuentra el orificio de restricción RO-30501 y sobre el cabezal de alta presión 16"-V-30501-B0A1 se encuentra el orificio de restricción RO-30502. El uso de placas de restricción "RO", permite un correcto funcionamiento del sistema de venteo al controlar la presión de operación.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

La columna de venteo VC-V-3001 opera a presión atmosférica.

H.7.6. Sistema de recuperación de gas

Al sistema de recuperación de gas llegan los venteos por mantenimiento o algún paro programado de las siguientes:

Todos estos venteos llegan al cabezal 4"-V-30520-D0A1 que descarga al recipiente R-V-30921. En el cabezal 4"-V-30520-D0A1 se contará con un transmisor indicador de presión PIT-30521, con indicación de presión en el SCP, PI-30521, en el cual se configurarán una alarma por baja presión en el SCP. Así mismo, sobre este cabezal se instalará un transmisor indicador de flujo, FIT-30521, tipo multivariable y un termopar TE-30521, para hacer el ajuste por temperatura en la medición de flujo. En el SCP se tendrá una indicación de flujo, FI-30521.

El tanque booster tipo knock-out R-V-30921 contará con un vidrio de nivel, LG-30521, un indicador de presión, PG-30521, y un indicador de temperatura TW/TG-30521. Así mismo, se instalará una válvula de seguridad PSV-30521, la cual desfogará hacia la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig). En el fondo del tanque se recolectarán los condensados que se separan a través del demister, para posteriormente disponer de los condensados a través de la línea 2"-CD-30520-D0A1 donde se tendrá una placa de restricción RO-30521 la cual reducirá la presión, para que el fluido se pueda conducir hasta el recipiente de condensados.

A la salida del recipiente R-V-30921 se podrá enviar el gas hacia el sistema de recuperación de gas venteos PK-V-3001 por medio de la línea 4"-NG-30520-D0A1 o hacia el sistema de acondicionamiento de gas combustible para generadores eléctricos PK-FG-3005 mediante la línea 1 1/2"-FG-30520-D0A1.

El proveedor del sistema de recuperación de gas venteos PK-V-3001 deberá entregar la filosofía de operación del paquete. Este paquete tiene la función de reinyectar el gas natural a través de un motocompresor hacia la línea 42"-GN-30403-D0A1. Así mismo, el paquete PK-V-3001 contará con la línea de bypass 3"-GN-30521-D0A1 con válvula manual tipo bola y válvula check, la cual se utilizará cuando la presión sea suficiente para la reinyección del gas sin requerir la operación del PK-V-3001.

Tabla 38. Documentos de referencia de proceso de la estación CS3

Nombre	Clave del plano	Anexo
Diagrama de Flujo de Proceso Estación CS3	SM-300-WOR-PR-PFD-00001-S_00-signed.pdf	Anexo_ER_10. Diagramas CS3
DTI Filtros Separadores CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00001-01-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00001-02-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00001-03-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00003-01-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00003-02-S_00-signed.pdf	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Nombre	Clave del plano	Anexo
DTI Compresión y Enfriamiento CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00003-03-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00003-04-S_00-signed.pdf	
DTI Trampa de diablos de envío y recibo de GN CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00004-01-S_00-signed.pdf	
DTI Trampa de diablos de envío y recibo de GN CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00004-02-S_00-signed.pdf	
DTI Sistema de recuperación de gas CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00005-01-S_00-signed.pdf	
DTI Sistema de recuperación de gas CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00005-02-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00007-01-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00007-02-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00007-03-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00007-04-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS3	SM-300-WOR-PR-PID-00007-04-S_00-signed.pdf	

I. Estación Santa Rosa CS4

A continuación, se indica la descripción del proceso de alimentación, filtración, medición, regulación, compresión, enfriamiento y descarga de gas natural de la Estación de Compresión Santa Ana (CS-4), así como, todos los servicios auxiliares asociados a los equipos principales. En la Estación de Compresión Santa Ana CS-4, el gas natural se recibe del punto de interconexión con el Gasoducto Carso y de la interconexión con el Gasoducto proveniente de la Estación de Compresión Cumpas CS-3.

I.1. Alimentación a la estación de compresión

I.1.1. Gasoducto Carso

La alimentación del flujo de gas natural será a través del gasoducto Carso, el cual suministrará un flujo máximo de 884 MMSCFD a una presión de operación de 4619 kPag (670 psig) y una temperatura normal de 25 °C (77 °F), entrando a la estación de compresión CS-4 a través de la línea 30"-GN-40100-D0A1, la cual contará con una junta aislante monoblock, MDJ-40101, para evitar la transición de corriente alterna.

Del cabezal de suministro, 30"-GN-40100-D0A1, se interconecta la línea de 6"-GN-40107-D0A1, la cual abastecerá al paquete de gas combustible PK-FG-4001/2/3/4, esta línea tiene como función suministrar gas para operar los motogeneradores durante el arranque de la estación de compresión CS-4. La línea 6"-GN-40107-D0A1 cuenta con dos válvulas checks seguidas de una válvula manual HV-40102C y HV- 40314, para que una vez trabajando la estación de compresión CS-4 en operación normal, estas válvulas se cierran y únicamente se suministre GN mediante la línea 6"-GN-40331-D0A1.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Aguas abajo de la junta MDJ-40101, se localiza la válvula automática de paro por emergencia ESDV-40101A. Esta válvula contará con una línea de by-pass, 4"-GN-40107-D0A1, para cargar el sistema durante el arranque, abriendo la válvula manual HV-40108A. La válvula manual de carga HV-40108A facilitará las operaciones de empacado, purgado; esta válvula contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-40108, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula.

Posterior a la ESDV-40101A, se contará con un PIT-40101 para monitorear la presión desde el SCP, el cual tendrá configurado una alarma por alta presión, baja presión y baja-baja presión. También sobre la línea 30"-GN-40100-D0A1, se contará con un TIT-40103 para monitorear la temperatura desde el SCP, el cual tendrá configurada una alarma por baja temperatura y alta temperatura.

I.1.2. Gasoducto de estación compresión Cumpas CS3

La alimentación del flujo de gas natural será a través del gasoducto proveniente de la Estación de Compresión Cumpas CS-3, el cual suministrará un flujo máximo de 2654 MMSCFD con una presión de operación de 6321 kPag (917 psig) y una temperatura normal de 32 °C (90 °F), entrando a la estación de compresión CS-4 a través de la línea 48"-GN-60400-D0A2, la cual contará con una junta aislante monoblock, MDJ-40421, para evitar la transición de corriente alterna.

Aguas abajo de la junta MDJ-40421 se localiza la Trampa de Recibo de Diablos, PR-GN-6001, para la limpieza e inspección del ducto. La trampa incluirá una válvula de bloqueo de 48" operada con motor eléctrico (XV-40405), un sensor local de paso de diablos, XS-40402; además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-40404, como en la línea de recibo, PG-40403.

El gas de pateo para el lanzamiento del diablo se obtiene de la línea 16"-GN-40406-D0A1, proveniente del cabezal 48"-GN-60400-D0A2.

Sobre el barril mayor de la trampa de diablos PR-GN-6001, se tiene la línea de venteo 3"-V-40404-D0A1

con dirección al sistema de recuperación de gases; adicionalmente se tiene la línea de venteo 3"-V-40405-D0A1 que se conecta con la misma. Estas líneas tienen como propósito purgar el equipo PR-GN-6001 del gas natural entrampado posterior al lanzamiento del diablo sobre el ducto.

Aguas abajo de la trampa, sobre la línea 48"-GN-60400-D0A1, se tiene la Tee guiada BT-40402 para su conexión con la línea 48"-GN-40120-D0A2; posteriormente se tiene la Tee guiada BT-40401 para su conexión con la línea de venteo 16"-GN-40408-D0A1. El fin de la Tee guiada es poder dar libre paso al diablo sobre la tubería hacia el ducto.

Aguas abajo de la Tee Guiada BT-40402, se localiza la válvula automática de paro por emergencia ESDV-40402, esta válvula contará con una línea de by-pass, 4"-GN-40407-D0A1, para cargar el sistema durante el arranque, abriendo la válvula manual HV-40403. La válvula manual de carga HV-40403 facilitará las operaciones de empacado, purgado. La válvula HV-40403, contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-40403, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula.

Previo a la ESDV-40402 se contará con un PIT-40402A para monitorear la presión desde el SCP, el cual tendrá configurado una alarma por alta presión, baja presión y alta-alta presión. También sobre

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

la línea 42"-GN-40120-D0A1 se contará con un TIT-40402A para monitorear la temperatura desde el SCP, el cual tendrá configurada una alarma por alta alta temperatura.

Del cabezal de suministro, 42"-GN-40120-D0A1, se interconecta la línea de 6"-GN-40141-D0A1 la cual se interconectará con la línea 6"-GN-40107-D0A1 para abastecer al paquete de gas combustible PK-FG- 4001/2/3/4. La línea 6"-GN-40141-D0A1 cuenta con una válvula check seguida de una válvula manual HV-40103C, para que una vez trabajando la estación de compresión CS-4 en operación normal, esta válvula se cierre y únicamente se suministre GN mediante la línea 6"-GN-40331-D0A1.

I.2. Filtración

I.2.1. Gasoducto Carso

El gas natural proveniente del gasoducto Carso ingresará a los filtros separadores tipo coalescedor en un arreglo 1+1 (FS-GN-4001/FS-GN-4002) por medio de la línea 30"-GN-40100-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 30"-GN-40100-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-40109-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-40101B con su placa RO-40101 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 8"-V-40503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-4001.

El gas natural que proviene del cabezal de alimentación 30"-GN-40100-D0A1 se envía hacia los filtros separadores FS-GN-4001/FS-GN-4002 por las líneas 20"-GN-40101-DA01 & 20"-GN-40102-D0A1, respectivamente. La operación del filtrado de gas se realizará con un filtro en operación y el otro de relevo.

Al final del cabezal de alimentación 30"-GN-40100-D0A1, posterior a los ramales de alimentación de los filtros, se encuentra una válvula de bloqueo con motor eléctrico de 30", XV-40104A, la cual se instalará para la interconexión entre el gas proveniente del gasoducto Carso y el gas proveniente del gasoducto de la Estación de Compresión Cumpas CS-3.

La presión diferencial de cada uno de los filtros será monitoreada por transmisores indicadores de presión diferencial, los cuales a su vez mediante un panel local enviarán la señal a los indicadores de presión diferencial PDI-40101/40102; estos indicadores tendrán la función de monitorear la saturación del equipo mediante la caída de presión. La máxima caída de presión permisible será de 68.9 kPa (10.0 psi).

Al presentarse una caída de presión igual o mayor a la máxima permisible se enviará una señal electrónica analógica de 4 – 20 mA con protocolo HART a través del SCP. Los PDI-40101/40102 estarán configurados con alarmas por alta presión diferencial y muy alta presión diferencial. Estas alarmas serán desplegadas en el HMI y notificarán al operador que es necesario realizar mantenimiento al filtro en operación.

Los filtros tendrán instrumentación local para monitorear las variables de presión y temperatura, TG-40101/2 y PG-40101/2.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

La línea de succión al filtro FS-NG-4001, 20"-GN-40101-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-40102A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 20"-GN-40103-D0A1, cuenta con una válvula XV-40103A.

La línea de succión al filtro FS-GN-4002, 20"-GN-40102-D0A1, cuenta con la válvula operada por motor eléctrico XV-40102B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 20"-GN-40104-D0A1, cuenta con una válvula XV-40103B.

La principal función de estas válvulas es aislar de la operación o permitirles su operación a los filtros en el proceso, según sea el caso.

En el evento de que salga de operación el filtro principal FS-NG-4001, se deberán abrir la XV-40102B/3B y posterior a ello cerrar las válvulas XV-40102A/3A.

El condensado que se recupere en cada uno de los filtros se canalizará a la pierna de nivel y será monitoreado por un indicador de nivel local LG-40101A/B y LG-40102A/B, y un transmisor indicador de nivel LIT-40101A/B y LIT-40102A/B, con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al **SCP** por medio de un lazo de 4-30 mA HART, accionando las válvulas de nivel.

Así mismo se contará con transmisores indicadores de nivel redundantes LIT-40101C/D y LIT-40102C/D con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al **SPE** para tomar las medidas necesarias, para evitar el arrastre de condensados que puedan causar daños a los turbocompresores.

El condensado proveniente de los filtros FS-GN-4001/4002 será enviado a través de la línea 2"-CD-40100/40101-A0A1, en donde aguas abajo se cuenta con un transmisor indicador de flujo (FIT-40101/40102), el cual enviará una señal al SCP de alarma por alto-alto flujo y alto flujo. También se contará con una placa de orificio (RO-40103/40104), la cual reducirá la presión en el límite del equipo paquete de los filtros, para que el fluido circule hasta el cabezal 4"-CD-40600-A0A1 que descarga al recipiente.

El condensado será enviado mediante el accionamiento de las válvulas de nivel automático tipo on/off, LV-40101/40102 y LV-40103/40104. El accionamiento de apertura y cierre de estas válvulas será por acción eléctrica de 24 VCD, mediante las válvulas solenoide de tres vías, las cuales recibirán señal de los transmisores de nivel LIT-40101A/B y LIT-40102A/B. Las válvulas de control de nivel abrirán cuando se presente un nivel alto accionado por el comando configurado LSH-40101A/B, LSH-40102A/B y cerrarán una vez que se detecte bajo nivel a través del mando configurado LSL-40101A/B y LSL-40202A/B.

Cuando falle el suministro de aire en el actuador de las válvulas de nivel, estas cerrarán completamente y su estatus se verificará desde el **SCP**. Las válvulas de nivel están equipadas con actuador neumático de pistón de acción doble y usarán como fuerza motriz la presión del aire de instrumentos. Para el mantenimiento de estas válvulas de control de nivel, existe un bypass con válvula de corte manual tipo bola de 2", en posición normalmente cerrada.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Para protección de una sobrepresión en los filtros, se contará con una válvula de seguridad por cada filtro, PSV-40101/40102, con una presión de ajuste de 9928 kPag (1440 psig). Estas válvulas desfogarán a un sitio seguro hacia la atmósfera a través de las líneas 2"-V-40106/40107-A0A1.

El gas filtrado será enviado a través de las líneas 20"-GN-40103/40104-D0A1 que se conectan con el cabezal común 30"-GN-40105-D0A1, el cual alimenta al patín de medición MS-GN-1001/2/3.

Este cabezal común de descarga 30"-GN-10105-D0A1 cuenta con una válvula XV-40105A al final del cabezal, posterior a los ramales de descarga de los filtros, dicha válvula se instalará para interconectar el gas proveniente del gasoducto Carso y el gas proveniente del gasoducto de la Estación de Compresión Cumpas CS-3.

Adicionalmente, se cuenta con un bypass entre el cabezal de entrada y salida de los filtros separadores FS-GN-4001 / FS-GN-4002, 30"-GN-40100-D0A1 y 30"-GN-40105-D0A1; donde se instalará la válvula de bloqueo operada con motor eléctrico XV-40104B. Este bypass dará flexibilidad para enviar gas natural hacia el Gasoducto Carso.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 30"-GN-40105-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-40108-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-40102D con su placa RO-40102 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 8"-V-40503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-4001.

I.2.2. Gasoducto de estación compresión Cumpas CS3

El gas natural proveniente del gasoducto de Estación de Compresión Cumpas **CS-3** ingresará a los filtros separadores tipo coalescedor en un arreglo 4+1 (FS-GN-4003/FS-GN-4004/ FS-GN-4005/FS-GN- 4006/FS-GN-4007) por medio de la línea 42"-GN-10120-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-40120-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-40111-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-40103D con su placa RO-40111 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 8"-V-40503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-4001.

El gas natural que proviene del cabezal 42"-GN-40120-D0A1 se envía hacia los filtros separadores FS- GN-4003/FS-GN-4004/FS-GN-4005/FS-GN-4006/FS-GN-4007 por las líneas 24"-GN-40121/40122/ 40143/40145/40153-D0A1, respectivamente.

El cabezal de alimentación 42"-GN-40120-D0A1 se interconectará con el cabezal de alimentación proveniente de Carso 30"-NG-40100-D0A1, mediante la válvula manual XV-40104A, cada uno mantendrá su tren de operación.

La presión diferencial de cada uno de los filtros será monitoreada por transmisores indicadores de presión diferencial, los cuales a su vez mediante un panel local enviarán la señal a los indicadores de presión diferencial PDI-40111/40112/40121/40122/40131; estos indicadores tendrán la función de monitorear la saturación del equipo mediante la caída de presión. La máxima caída de presión permisible será de 68.9 kPa (10.0 psi).

Al presentarse una caída de presión igual o mayor a la máxima permisible se enviará una señal electrónica analógica de 4 – 20 mA con protocolo HART a través del SCP. Los PDI-

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

40111/40112/40121/40122/40131 estarán configurados con alarmas por alta presión diferencial y muy alta presión diferencial. Estas alarmas serán desplegadas en el HMI y notificarán al operador que es necesario realizar mantenimiento al filtro en operación.

Los filtros tendrán instrumentación local para monitorear las variables de presión y temperatura, TG-40104/5/6/7/8 y PG-40103/4/5/6/7.

La línea de succión al filtro FS-GN-4003, 24"-GN-40121-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-40112A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-40123-D0A1, cuenta con una válvula XV-40113A.

La línea de succión al filtro FS-GN-4004, 24"-GN-40122-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-40112B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-40124-D0A1, cuenta con una válvula XV-40113B.

La línea de succión al filtro FS-GN-4005, 24"-NG-40143-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-40122B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-40142-D0A1, cuenta con una válvula XV-40123B.

La línea de succión al filtro FS-GN-4006, 24"-NG-40145-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-40122B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-40144-D0A1, cuenta con una válvula XV-40123B.

La línea de succión al filtro FS-GN-4007, 24"-GN-40153-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-40132A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-40152-D0A1, cuenta con una válvula XV-40133B.

La principal función de estas válvulas es aislar de la operación o permitirles su operación a los filtros en el proceso, según sea el caso.

En el evento de que salga de operación el filtro principal FS-NG-4004/4005/4006/4007, se deberá abrir la válvula XV-40106 para que el flujo continúe sobre el cabezal 42"-GN-40120-D0A1 hacia el filtro de respaldo FS-GN-4003, donde se deberán abrir la XV-40112A/40113A y posterior a ello cerrar las válvulas de bloqueo del filtro que saldrá de operación.

El condensado que se recupere en cada uno de los filtros se canalizará a la pierna de nivel y será monitoreado por un indicador de nivel local LG-40111A/B, LG-40112A/B, LG-40121A/B, LG-40122A/B y LG-40131A/B, y un transmisor indicador de nivel LIT-40111A/B, LIT-40112A/B, LIT-40121A/B, LIT-40122AB y LIT-40131A/B con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SCP por medio de un lazo de 4-30 mA HART, accionando las válvulas de nivel.

Así mismo se contará con transmisores indicadores de nivel redundantes LIT-40111C/D, LIT-40112C/D, LIT-40121C/D, LIT-40122A/B y LIT-40131C/D con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SPE para tomar las medidas necesarias, para evitar el arrastre de condensados que pueda causar daños a los turbocompresores.

El condensado proveniente de los filtros FS-GN-4003/4004/4005/4006/4007 será enviado a través de la línea 2"-CD-40120/40121/40140/40141/40150-A0A1, en donde aguas abajo se cuenta con un

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

transmisor indicador de flujo (FIT-40103/40104/40105/40106/40107), el cual enviará una señal al SCP de alarma por alto-alto flujo y alto flujo. También se contará con una placa de orificio (RO-40105/40106/40107/40108/40109), la cual reducirá la presión en el límite del equipo paquete de los filtros, para que el fluido circule hasta el cabezal 4”-CD-40600-A0A1 que descarga al recipiente.

El condensado será enviado mediante el accionamiento de las válvulas de nivel automático tipo on/off, LV-40105/40106, LV-40107/40108, LV-40109/40110 y LV-40111/40112. El accionamiento de apertura y cierre de estas válvulas será por acción eléctrica de 24 VCD, mediante las válvulas solenoide de tres vías, las cuales recibirán señal de los transmisores de nivel LIT-40111A/B, LIT-40112A/B, LIT-40121A/B, LIT-40122A/B y LIT-40131A/B. Las válvulas de control de nivel abrirán cuando se presente un nivel alto accionado por el comando configurado LSH-40111A/B, LSH-40112A/B y LSH-40121A/B, LSH-40122A/B y LSH-40131A/B cerrarán una vez que se detecte bajo nivel a través del mando configurado LSL-40111A/B, LSL-40121A/B, LSL-40122A/B, LSL-40123A/B y LSL-40131A/B.

Cuando falle el suministro de aire en el actuador de las válvulas de control de nivel, estas cerrarán completamente y su estatus se verificará desde el SCP. Las válvulas de nivel están equipadas con actuador neumático de pistón de acción doble y usarán como fuerza motriz la presión del aire de instrumentos. Para el mantenimiento de estas válvulas de control de nivel, existe un bypass con válvula de corte manual tipo bola de 2” pulgadas, en posición normalmente cerrada.

Para protección de una sobrepresión en los filtros, se contará con una válvula de seguridad por cada filtro, PSV-40103/40104/40105/40106/40107, con una presión de ajuste de 9928 kPag (1440 psig). Estas válvulas desfogarán a un sitio seguro hacia la atmósfera a través de las líneas 2”-V-40126/40127/40143/40147/40153-A0A1.

El gas filtrado será enviado a través de las líneas 24”-GN-40123/40124/40142/40144/40152-D0A1 que se conectan con el cabezal común 42”-GN-40125-D0A1 el cual alimenta al patín de medición MS-GN-4004/5/6/7/8.

Este cabezal común de descarga 42”-GN-40125-D0A1 se interconectará con el cabezal común de descarga del gasoducto Carso, 30”-GN-40105-D0A1, mediante la válvula XV-40107A.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42”-GN-40125-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8”-V-40110-D0A1, donde se instalará la válvula BDV-40104C con su placa RO-40110 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 8”-V-40503-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-4001.

I.3. Regulación y Medición

I.3.1. Gasoducto Carso

El gas proveniente de los filtros separadores tipo coalescedor FS-GN-4001/FS-GN-4002, contará con una etapa de regulación antes de la etapa de medición.

La etapa de regulación garantiza la igualación de presiones de ambas corrientes de alimentación a la Estación de Compresión 4, CS-4.

Patín de regulación.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

El gas natural que proviene del cabezal 30"-GN-40105-D0A1 se envía hacia el cabezal común del patín de regulación RS-GN-4001/4002/4003, 30"-GN-40269-D0A1. El patín de regulación RS-GN-4001/4002/4003 podrá funcionar de manera bidireccional y contará con tres brazos de regulación, 16"- NG-40270/40271/40272-D0A1, en arreglo 1+1+1, es decir, un brazo en operación, uno de relevo y un tercero que en caso que la regulación sea de presión y no de flujo, estará actuando. La capacidad máxima de operación de cada brazo es de 440 MMSCFD.

Cada brazo de regulación de flujo contará con válvulas de corte automáticas operadas con motor eléctrico a la entrada y a la salida, XV-40231A/B/C y XV-40232A/B/C. Estas válvulas permitirán realizar las maniobras operativas para alinear el brazo en operación y dejar fuera el brazo en espera.

Cada brazo contará con una válvula reguladora de flujo FCV-40132A/B/C y así como un indicador de presión PG-40232A/B/C.

A la salida del patín de regulación se cuenta con un cabezal común 30"-GN-40273-D0A1 que se interconecta con el patín de medición MS-GN-4001/4002/4003 por medio de la línea 30"-GN-40268-D0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, de los cabezales 30"-GN-40269-D0A1 y 30"-GN-40273-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-40264-D0A1 y 8"-V-40265-D0A1, donde se instalará la válvula BDV- 40232 y BDV-40233 con su placa RO-40232 y RO-40233 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-40502-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-4001.

Patín de medición.

El gas natural que proviene del cabezal 30"-GN-40268-D0A1 se envía hacia el cabezal común del patín de medición MS-GN-4001/4002/4003, 30"-GN-40260-D0A1.

El patín de medición de tipo ultrasónico MS-GN-4001/4002/4003 podrá funcionar de manera bidireccional y contará con dos brazos de medición, 20"-GN-40261/40262/40263-D0A1, en arreglo 2+1. La capacidad máxima de operación de cada brazo es 440 MMSCFD.

Cada brazo contará con un acondicionador de flujo a la entrada y a la salida FX-40231A/B/C y FX-40231D/E/F, un transmisor de flujo del tipo ultrasónico, FE/FT-40231A/B/C, un transmisor indicador de presión, PIT-40231A/B/C, un transmisor indicador de temperatura, TE/TIT-40231A/B/C, así como un indicador de presión, PG-40231A/B/C y un indicador de temperatura, TG-40231A/B/C.

Los transmisores de flujo, FE/FT-40231A/B/C, enviarán una señal de flujo hacia el FQI-40202.

Los instrumentos transmisores mostrarán, remotamente en el SCADA a través del FQI/UTR, una indicación de flujo, temperatura y presión. Las señales de presión y temperatura por medio del PIT-40231A/B/C y del TIT-40231A/B/C se utilizarán para hacer las correcciones correspondientes del flujo medido en el FQI/UTR hacia el SCADA.

Cada brazo de medición contará con válvulas manuales a la entrada, HV-40233A/B/C y válvulas de corte operadas con motor eléctrico a la salida, XV-40234A/B/C. Estas válvulas permitirán realizar las maniobras operativas para alinear el brazo en operación y dejar fuera el brazo en espera.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

El cabezal de descarga 30"-GN-40264-D0A1 del patín de medición MS-GN-3001/2/3, se interconectará con la línea 30"-GN-40265-D0A1 al cabezal 42"-GN-40300-D0A1. La línea 42"-GN-40300-D0A1 podrá ser seccionada con la válvula XV-40321B de 42”.

Continuando con el proceso, el gas natural se enviará por medio de la línea 30"-GN-40265-D0A1 a una unidad de análisis de calidad del gas, la cual consistirá en los siguientes elementos de análisis:

- Azufre total (ST) y H₂S, AIT-40231/40232.
- Humedad (H₂O), AIT-40233.
- Composición del gas (cromatógrafo de gases), AIT-40234.
- Oxígeno (O₂) , AIT-40235

El cromatógrafo de gases será capaz de analizar la composición del gas natural de C1 a C9+, CO₂, O₂, poder calorífico y gravedad específica del flujo a través de columnas y detectores de conductividad térmica tipo termistor. El equipo deberá incluir todos los accesorios en acero inoxidable, tanques de gas de arrastre y cilindro de gas de calibración con regulador y conexiones. El tiempo de análisis del equipo será de 5 minutos o menos, con una repetibilidad de ± 0.5 BTU/1000 SCF.

El analizador de humedad será capaz de determinar cuantitativa y directamente la cantidad de humedad en el gas sin interferencias debido a la presencia de H₂S, CO₂ o NH₃ en la corriente de gas, con una repetibilidad de 0.2 ppm en volumen o el 1% de la lectura (el mayor de ellos) con un flujo de muestreo de 750 ml/min a 15 psi. El equipo deberá incluir filtro de acondicionador de muestra, medidores y válvulas. El analizador deberá cumplir con el método de prueba establecido ASTM-D-5454-04 para celdas de tipo láser, usar tecnología de cristal de cuarzo o sensor de óxido de aluminio. La envolvente del analizador deberá ser a prueba de explosión NEMA 7 y en concordancia con la clasificación del área en la que se ubique.

La celda de muestra debe ser de acero inoxidable 316L pulido.

El analizador de humedad deberá contar con una salida de 4-30 mA para conexión hacia el computador de flujo y un puerto de comunicación Ethernet RJ45 para diagnóstico.

El analizador de H₂O deberá contar con su probeta de toma de muestra, a definir en la ingeniería de detalle.

El SCADA recibirá señales del equipo analizador y tendrá alarmas configuradas por alta concentración de H₂O, H₂S, y azufre total. En caso de presentarse un alto contenido de C₉+ o de alguno de los parámetros de calidad en la corriente de gas, según lo indicado en la NOM-001-SECRE-3010, se activará una alarma. El operador deberá decidir cuál será la acción por seguir en este evento.

El computador de flujo FQI-40202 enviará las señales de estas variables al SCP y posteriormente al SCADA, en donde se tendrá indicación de cada una de ellas.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Inmediatamente después se tendrá el PIT-40232 y el TIT-40232, que enviarán señales de los parámetros medidos a través del FQI-40202 al SCADA para verificar las condiciones de salida del patín de medición de flujo.

Para cualquier eventualidad de emergencia, de los cabezales 30"-GN-40260-D0A1 y 30"-GN-40264-D0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-V-40266-D0A1 y 8"-V-40267-D0A1, donde se instalará la válvula BDV- 40234D y BDV-40235A con su placa RO-40234 y RO-40235 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-40502-A0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-4001.

I.3.2. Gasoducto de estación compresión Cumpas CS3

El gas proveniente de los filtros separadores tipo coalescedor FS-GN-4003 / FS-GN-4004 / FS-GN-4005 / FS-GN-4006 / FS-GN-4007 será enviado al sistema de compresión. No se cuenta con sistema de regulación y medición.

I.4. Compresión y Enfriamiento

I.4.1. Sistema de Compresión

La descarga de los patines de medición MS-GN-4001/4002/4003 y el gas proveniente de los filtros FS- GN-4003/FS-GN-4004/ FS-GN-4005/FS-GN-4006/FS-GN-4007 será enviado a un cabezal común 42"- GN-40300-D0A1, localizado a la succión de los turbocompresores de gas Natural (TC- GN- 4001/4002/4003/4004).

El gas natural se enviará hacia los turbocompresores TC-GN-4001/2/3/4 a través del cabezal de succión de baja presión 42"-GN-40300-D0A1. En caso de una condición insegura en la estación, este cabezal contará con la línea 8"-V-40300-D0A1, la cual contará con una BDV-40301B con su respectivo RO-40301 para mitigar la presión aguas abajo del gas a ventear hacia la columna de venteo VC-V-4001. El accionamiento de la BDV es mediante aire de instrumentos.

En el cabezal 42"-GN-40300-D0A1 se extraen las líneas 30"-GN-40301/40320/40340/40360-D0A1 para la succión de los compresores TC-GN-4001/2/3/4. Para aislar los equipos de compresión se contará con las válvulas electrohidráulicas SDV-40301/40311/40321/40331. La apertura o cierre de estas válvulas se ejecutará mediante el SCP. Las válvulas electrohidráulicas SDV-40301/40311/40321/40331 se utilizan para el paro rápido/recirculación en frío de los compresores, comandado desde el SC a través del PLC del turbocompresor.

Sobre el cabezal de succión de baja presión 42"-GN-40300-D0A1, se cuenta con la bifurcación de la línea 6"-GN-40331-D0A1, con válvula de bloqueo manual HV-40313. Esta línea en operación normal alimenta al cabezal de gas combustible 6"-GN-40332-D0A1 el cual a su vez alimenta a los paquetes de acondicionamiento de gas combustible para las turbinas y el paquete de acondicionamiento de gas combustible para el generador eléctrico.

Cada uno de los turbocompresores contará con un panel de control ubicado a pie de equipo, que estará comunicado con el panel de control del turbocompresor (PLC-TC), el cual se localizará en el cuarto de control principal. La operación y control de cada turbocompresor, así como las protecciones, alarmas y secuencia de paro por emergencia, se realizará a través de los PLCs de cada unidad.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

En las líneas de succión de los turbocompresores de gas Natural , 30"-GN-40301/40320/40340/40360- E0A1, se monitoreará de manera remota la temperatura de succión en el PLC-TC con el TIT- 40302/40312/40322/40332 y en el SCP con el TIT-40301/40311/40321/40331; ambos elementos de temperatura contarán con valores de alarma por baja, muy baja, alta y muy alta temperatura de succión. Los valores de alarma de temperatura deberán comunicarse con el PLC-TC de cada unidad de compresión y éstos deben ser utilizados como permisivos para el control del sistema “anti-surge”.

También en las líneas de succión se monitoreará la presión de forma local mediante los PG-40331/40321/40311/40301 y remota a través de los PIT-40301/40311/40321/40331 con valores de alarma por alta, muy alta, baja y muy baja presión de succión del turbocompresor. Cada turbocompresor contará en las líneas de succión con un filtro en línea tipo cono de bruja, con transmisor indicador de presión diferencial PDIT-40302/40312/40322/40332, los cuales en caso de impurezas enviarán una señal para alarmar por alta presión diferencial y alta-alta presión diferencial.

En las líneas de descarga de los turbocompresores 24"-GN-30303/30322/30342/30362-E0A1, se monitoreará de manera local la presión y temperatura a través de los instrumentos PG-30302/30312/30322/30332 y TG-30303/30313/30323/30333, respectivamente; y de manera remota se colocarán los instrumentos TIT-30304/30314/30324/30334, los cuales alertarán al operador al presentarse una alarma por alta temperatura y alta-alta temperatura en la descarga de los turbocompresores.

También en las líneas de descarga se monitoreará la presión de forma remota a través de los PIT-30304/30314/30324/30334 con valores de alarma por alta, muy alta, baja y muy baja presión de descarga del turbocompresor.

En la línea de descarga de gas de los turbocompresores se contará con una línea de recirculación que se conecta con la línea de succión. En esta línea se incluirá una válvula “fast-stop”, SDV-30304/30314/30324/30334. El propósito de estas válvulas será asegurar la protección del compresor en caso de una condición de paro o arranque del equipo, permitiendo que no se presente bajo flujo o baja presión de gas a la succión y de esta manera evitar el fenómeno de “surge”. La lógica de control y operación de estas válvulas se define en acción conjunta con el proveedor del turbocompresor.

Las líneas de descarga de los turbocompresores contarán con las válvulas de seguridad, PSV-30301/30311/30321/30331 con punto de ajuste de 9,928 kPag (1,440 psig), la cual permitirá proteger el sistema de una sobrepresión debido a un desbocamiento del compresor.

I.4.2. Sistema de Enfriamiento

Una vez que el gas se comprime por medio de los turbocompresores TC-GN-3001/2/3/4, el gas natural se enviará a los aroenfriadores EC-GN-1001/2/3/4 (con 5 bahías cada uno A/B/C/D/E), los cuales son de tiro forzado y tienen una capacidad térmica que asegura que la temperatura de salida sea de 49°C (120 °F). Los datos de carga térmica, número de bahías, así como número y potencia de los motores de los ventiladores deberán ser proporcionados por el proveedor.

El turbocompresor TC-NG-4001 descargará a través de la línea 24"-GN-40303-E0A1 hacia el aroenfriador EC-GN-4001; el turbocompresor TC-GN-4002 descargará a través de la línea de 24"-

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

GN- 40322-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-4002; el turbocompresor TC-GN-4003 descargará a través de la línea de 24"-GN-40342-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-4003 y el turbocompresor TC-GN-4004 descargará a través de la línea de 24"-GN-40362-E0A1 hacia el aerofriador EC-GN-4004.

Aguas abajo de los enfriadores, el gas fluirá a través de las líneas de 24"-GN-40308/40327/40347/40367- E0A1, donde se tiene un monitoreo remoto en el SCP de la temperatura y presión mediante el TIT- 40305/40315/40325/40335 y PIT-40302/40312/40322/40332, respectivamente. Estos instrumentos contarán con las alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura; así mismo se contará con las alarmas por alta presión y baja presión. Todas las bahías de enfriamiento cuentan con líneas de dren y venteo para mantenimiento.

Así mismo, se dispondrá de un medidor de flujo tipo placa de orificio, FE-40301/40311/40321/40331, el cual contará con un lazo de control a partir del TE-40306/40316/40326/40336, PIT-40303/40313/40323/40333 y FIT-40301/40311/40321/40331, los cuales envían la señal al PLC-TC del turbocompresor para medir el flujo de gas e indicar de manera remota mediante FI-40301/40311/40321/40331. En el SCP se mostrará una alarma por alto flujo y por bajo flujo.

De las líneas 24"-GN-40308/40327/40347/40367-E0A1 se extraen las siguientes líneas: línea de “anti- surge”, 16"-GN-40309/40328/40348/40368-E0A1, que se conecta en la succión de los turbocompresores TC-GN-4001/4002/4003/4004. Para cualquier eventualidad de emergencia, se derivará una línea de venteo, 8"-V-40308/40327/40347/40367-B0A1, donde se instalará la válvula BDV- 40302A/40312A/40322A/40332A con su placa RO-40303/40313/40323/40333 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-40501-B0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-4001.

Las líneas 16"-GN-40309/40328/40348/40368-E0A1, contarán con una válvula de anti-surge, ASV-40301/40311/40321/40331, las cuales estarán gobernadas por el PLC del turbocompresor (PLC-TC) y su función principal será proteger el compresor del fenómeno de “surge” al aumentar el volumen y la presión del gas en la succión. La filosofía de control de estas válvulas será alcance del proveedor de los turbocompresores.

Continuando con el flujo de gas se instalarán las válvulas electrohidráulicas SDV-40303/40313/40323/40333, las cuales se utilizan para aislar el tren de compresión y enfriamiento, así como el paro rápido/recirculación en frío de los compresores, comandado desde el SCP a través del PLC del turbocompresor. Dichas válvulas cuentan con su línea bypass 4"-GN-40310/40329/40349/40369- E0A1 y con su válvula de bloqueo manual HV-40301A/40311A/40321A/40331A.

El gas proveniente de los aerofriadores EC-GN-4001/2/3/4, ingresará al cabezal común 42"-GN-40403- E0A1 con dirección a la trampa de envío de diablos, PL-GN-4002.

Adicionalmente, se cuenta con un by-pass entre el cabezal de salida del patín de medición MS-GN-4001/2/3 y el cabezal de salida de los aerofriadores EC-GN-4001/2/3/4, 30"-GN-10265-E0A1 y 42"-GN- 40403-E0A1; donde se instalará la válvula de bloqueo operada con motor eléctrico XV-40402.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

I.5. Descarga de la estación de compresión

El gas natural de la descarga de los aerofriadores EC-GN-4001/2/3/4, será enviado al cabezal común 42"-GN-40403-E0A1.

Para cualquier eventualidad de emergencia, del cabezal 42"-GN-40403-E0A1 se derivará una línea de venteo, 8"-GN-40404-E0A1, donde se instalará la válvula BDV-40401B con su placa RO-40401 para ventear el gas hacia el cabezal de alta presión 16"-V-40501-B0A1, el cual conducirá a la columna de venteo VC-V-4001.

En el cabezal 42"-GN-40403-E0A1 se instalará la válvula automática de paro de emergencia ESDV-40401.

Se monitoreará la presión por medio del PIT-40402, el cual estará configurado con alarma por alta y alta-alta presión. La señal de alarma por alta-alta presión enviará una señal para cierre de la válvula ESDV- 40401, garantizando así la seguridad de la instalación por condiciones inseguras de alta presión en el ducto, activando el sistema de paro por emergencia. La válvula ESDV-40401 contará con un bypass, 4"- GN-40408-E0A1, para cargar el sistema durante el arranque, abriendo la válvula manual HV-40401A tipo bola de 4 pulgadas. La válvula manual de carga HV-40401A, facilitará las operaciones de empacado, purgado y apertura de la válvula ESDV-40401. La válvula HV-40401A, contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-40401, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula HV- 40401A.

Se tiene un monitoreo remoto en el SCP de la temperatura y presión mediante el TIT-40401 y PIT-40401, respectivamente. Estos instrumentos contarán con las alarmas por muy alta temperatura; así mismo se contará con las alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión.

En la salida de la Estación Santa Ana (CS-4) se instalará una trampa de envío de diablos, PL-GN-4002, para la limpieza e inspección del ducto, previo al envío al gasoducto de 48 pulgadas de diámetro externo, 48"-GN-60500-E0A2, con dirección a la EMRYC Puerto Libertad .

La trampa incluirá una válvula de bloqueo de 48" operada con motor eléctrico (XV-40404), un sensor local de paso de diablos, XS-40401, además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-40401, como en la línea de envío, PG-40402.

La Trampa de Envío de diablos PL-GN-4002 tiene 56" de diámetro para el barril mayor y 48" de diámetro para el barril menor.

El gas de pateo para el lanzamiento del diablo se obtiene de la línea 16"-GN-40402-E0A1, proveniente del cabezal 42"-GN-40403-D0A1.

Sobre el barril mayor de la trampa de diablos, PL-GN-4002 se tiene la línea de venteo 3"-V-40402-D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gases; adicionalmente se tiene la línea de venteo 3"-V-40401- D0A1 que se conecta con la misma. Estas líneas tienen como propósito purgar el equipo PL-NG-4002 del gas natural atrapado posterior al lanzamiento del diablo sobre el ducto.

Aguas abajo de la trampa, sobre la línea 48"-GN-60500-E0A1 se tiene la Tee guiada BT-40404 para su conexión con la línea 48"-GN-60500-E0A1, posteriormente se tiene la Tee guiada BT-40404 para

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

su conexión con la línea de venteo 16"-GN-40407-D0A1. El fin de la Tee guiada es poder dar libre paso al diablo sobre la tubería hacia el ducto.

Aguas abajo de la Tee guiada BT-40404, se instalará una junta dieléctrica monolítica, MDJ-40401, para proveer un aislamiento de la protección catódica del ducto hacia los componentes de la CS-4, y se realiza un cambio de especificación en la tubería 48"-GN-60500-E0A1 pasando a 48"-GN-60500-E0A2 aguas abajo de la junta monolítica.

A la salida de la Estación Santa Ana (CS-4), el gas natural será enviado hacia el gasoducto de 48 pulgadas de diámetro externo, 48"-GN-60500-E0A2, con dirección a la EMRyC Puerto Libertad.

I.6. Válvula de Seccionamiento en By-Pass de CS-4

La Estación de Compresión Santa Ana (**CS-4**) cuenta con el bypass 48"-GN-40405-D0A2, el cual será utilizado cuando no se requiera la utilización del Sistema de Compresión. El bypass estará interconectado aguas arriba de la válvula automática de paro por emergencia ESDV-40402, localizada en la línea proveniente de la Estación de Compresión Cumpas **CS-3** 48"-GN-40120-D0A1 y a la salida de la válvula automática de paro por emergencia ESDV-40401, localizada a la salida de la Estación Santa Ana **CS-4**.

La línea 48"-GN-40405-D0A2 cuenta con la válvula de seccionamiento MLV-10421, la cual direccionará el flujo de gas a través o fuera de la Estación de Compresión Santa Ana (**CS-4**); la válvula MLV-40421 cuenta con el bypass 16"-GN-40409-D0A1.

La válvula MLV-40421 cuenta con un transmisor indicador de Presión corriente abajo y corriente arriba de la misma válvula PIT-40421A y PIT-40421B, así como un transmisor indicador de temperatura TIT-40421 corriente debajo de la MLV-40421; las señales serán enviadas al sistema SCADA a través de la UTR y serán desplegadas en el PI-40421A, PI-40421B y TI-40421.

La válvula MLV-10421 cuenta con una línea de venteo acondicionado con tapa de apertura rápida tipo “davit” y una conexión rápida para el sistema de recuperación de venteos, corriente abajo y corriente arriba de la misma válvula MLV-10421.

La válvula MLV-10421 será equipada con un dispositivo de “linebreak” que cerrará el actuador cuando se detecte una caída de presión súbita, permitiendo el cierre en caso de fuga en el gasoducto.

La acción de cierre de la válvula MVL-10421 se podrá realizar de forma remota a través del sistema SCADA y de forma local a través de una botonera.

I.7. Paro de la estación de compresión

I.7.1. Paro normal por mantenimiento

La Estación de Compresión tendrá un paro programado para trabajos de inspección y mantenimiento. Tales paros normales serán de rutina, planeados y calendarizados considerando la disponibilidad de los equipos necesarios y utilizados durante el mantenimiento.

Los objetivos de un paro normal son:

1. Suspensión segura de operación.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

2. Purgado de aquellas áreas de la estación donde son necesarios los trabajos de mantenimiento.

Para proceder al paro de la estación se debe de notificar a todas las unidades de proceso afectadas acerca del tiempo programado de paro.

I.7.2. Paro del suministro de gas natural

El paro del suministro de gas natural a los diferentes usuarios podría obedecer a las siguientes diferentes situaciones de emergencia:

- Gas natural fuera de especificación.
- Alta concentración de H₂S y azufre total (ST).
- Alta concentración de H₂O.
- Poder calorífico superior fuera de norma.
- Ruptura de línea.
- Corrosión externa.
- Daño por terceros (movimiento de terreno, excavaciones, construcción, fuego externo, accidentes carreteros).
- Derrumbe o deslave por causas naturales.
- Cierre en falso de alguna ESDV.

I.7.3. Gas natural fuera de especificación

Cuando se detecte que el gas natural recibido no se ajusta a los parámetros de calidad estipulados en la NOM-001-SECRE-3010, no existe la obligación de recibirlo; sin embargo, se puede llegar a un acuerdo entre las partes para no detener el suministro.

Por alta concentración de H₂S, ST y/o por H₂O en la recepción del gas natural (GN), el operador no recibirá el GN y se notificará de inmediato la suspensión de suministro de GN. El aumento de ácido sulfhídrico y/o de humedad podría causar una corrosión interna y la formación de hidratos de carbono a lo largo del ducto de transporte, generando un desgaste acelerado del ducto y limitaciones operacionales de presión.

En este caso, el operador podrá tomar la decisión de bloquear la línea regular, es decir, cerrar la válvula de corte de suministro de GN, ESDV-40101A si el problema proviene del gasoducto Carso o mediante la ESDV-40402 si el problema proviene del gasoducto localizado posterior a la Estación de Compresión Cumpas CS-3. Se esperará a que el proveedor del GN modifique los parámetros de calidad del GN para iniciar nuevamente el transporte.

Secuencia cronológica en caso de que el GN esté fuera de especificación:

1. Los analizadores ubicados en la Estación de Compresión enviarán su alarma al SCP.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

2. El SCP enviará la señal al Centro de Control
 - a) Principal de la estación de compresión.
3. El operador en el Centro de Control recibirá una alarma relacionada con la calidad de GN y avisará al técnico en el campo o de guardia.
4. El técnico llegará a la estación donde se haya generado la alarma y verificará si la alarma es real o falsa y avisará al operador en el Centro de Control el estatus actual o real.
5. El operador tomará la decisión de avisar a su supervisor.
6. El supervisor de la estación de compresión notificará si acepta el GN fuera de especificaciones o lo rechaza.
7. El supervisor tomará las acciones necesarias para cumplir con la decisión y/o los procedimientos internos relacionados con el manejo de GN fuera de especificaciones que podría ser:
 - a) Cerrar la válvula en la entrada de la CS, ESDV-40101A, ESDV-40402 no aceptando el GN fuera de especificación.
 - b) Dar un tiempo determinado aguas arriba para entregar GN dentro de especificación.
 - c) Reportar el estatus y condiciones del GN

I.8. Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares en la Estación de Compresión Santa Ana CS-4 son:

- Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Turbinas
- Sistema de Venteo de Gas
- Sistema de Recuperación de Gas
- Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Generador de Energía

I.8.1. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-4001) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-4001, el cual contara con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-4071A/1072A y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-4071A/1072A.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-4001 por la línea 3"-FG-40700- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-40701 y el transmisor indicador de presión

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

PIT-40701. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-4071A/4072A uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-40701/40702, enviando una señal para lectura remota, PDI-40701/40702, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-40701/2, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-40701/2, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-40701A/2A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-40701-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-4071A/2A, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 4001, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-40701E/F y TIT-40702E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-40701A/2B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-40701/3, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-40702/4, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG-40702- D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV- 40703, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-40700- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-40702-D0A1 se localizará el PIT-40702, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, la línea de salida contará con la válvula SDV-40702 y la válvula BDV-40701A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-4001.

I.8.2. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-4002) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-4002, el cual contara con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-4071/4072B y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-4071B1/4072B.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-4002 por la línea 3"-FG-40720- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-40711 y el transmisor indicador de presión PIT-40711. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-4071/4072B uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-40711/40712, enviando una señal para lectura remota, PDI-40711/40712, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-40711/40712, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-40711/40712, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-40711A/40712A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-40720-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-4071/4072B, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 4002, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-40711E/F y TIT-40712E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-40711/40712B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-40711/40713, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-40712/40714, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 40722-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-40713, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-40720- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Sobre la línea 3"-FG-40722-D0A1 se localizará el PIT-40712, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-40712, la línea de salida contará con la válvula SDV-40712 y la válvula BDV-40711A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-4002.

I.8.3. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-4003) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-4003, el cual contara con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-4071/4072C y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-4071C/4072C.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-4003 por la línea 3"-FG-40740- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-40721 y el transmisor indicador de presión PIT-40721. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-4071C/4072C uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-40721/40722, enviando una señal para lectura remota, PDI-40721/40722, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-40721/40722, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-40721/40722, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-40721A1/40722A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-40741-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-4071C/40712C, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F). Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 4003, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-40721E/F y TIT-40722E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-40721B/40722B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-40721/40723, con punto de ajuste

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-40722/10724, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 40742-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-40723, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-40740- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-40742-D0A1 se localizará el PIT-40722, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-40722, la línea de salida contará con la válvula SDV-40722 y la válvula BDV-40721A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-4003.

I.8.4. Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible (PK-FG-4004) a Turbina

Los equipos asociados al sistema de acondicionamiento de gas combustible de la estación de compresión son los siguientes:

Un (1) paquete de acondicionamiento de gas combustible PK-FG-4004, el cual contara con los siguientes equipos:

- Dos (2) filtros separadores FS-FG-4071/4072D y
- Dos (2) calentadores eléctricos HE-FG-4071D/4072D.

El gas combustible entrará para su acondicionamiento al paquete PK-FG-4004 por la línea 3"-FG-40760- D0A1, sobre la cual se contará con la válvula SDV-40731 y el transmisor indicador de presión PIT-40731. Este transmisor estará configurado con alarmas por alta-alta presión, alta presión y baja presión, las cuales serán monitoreadas en el SPE.

Posteriormente el gas entrará a los filtros FS-FG-4071D/4072D uno operando y otro en espera. En estos filtros se monitoreará la presión diferencial mediante los transmisores indicadores de presión diferencial PDIT-40731/40732, enviando una señal para lectura remota, PDI-40731/40732, en el tablero de control del SCP; así mismo, en los transmisores se configurarán alarmas por alta-alta presión diferencial y alta presión diferencial. De igual forma, se contará con un transmisor indicador de nivel, LIT-40731/40732, los cuales enviarán una señal al SCP, LI-40731/40732, y estarán configurados con alarmas de alto-alto, alto nivel y bajo nivel. En los filtros se localizarán las válvulas de seguridad PSV-40731A/40732A, las cuales desfogarán al cabezal de recolección 3"-V-40761-A0A1 para ventear a la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig).

En la siguiente sección, el gas combustible ingresará a los calentadores de gas HE-FG-4071D/4072D, uno en operación y otro en espera, los cuales aumentarán la temperatura del fluido de tal manera que la temperatura de salida del gas en el paquete no sea mayor a 93°C (199 °F).

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Estos calentadores contarán con un tablero de control para monitorear la temperatura demandada por el paquete de la turbina PK-TG- 4004, para ello se contará con un transmisor indicador de temperatura, TIT-40731E/F y TIT-40732E/F, con configuración de alarmas por alta-alta temperatura, alta temperatura, baja temperatura y baja-baja temperatura. Ambos calentadores por paquete contarán con válvulas de seguridad, PSV-10731B/10732B, las cuales estarán calibradas a 9928 kPag (1440 psig), para proteger el calentador de gas.

Posteriormente el gas combustible será enviado por un cabezal común hacia el sistema de regulación de presión en arreglo 1+1 (un tren en operación y un tren en relevo). En cada tren se contará con válvulas de control de presión en modo “trabajo”, PCV-40731/40733, con punto de ajuste de 3503 kPag (508 psig), y válvulas de control de presión en modo “monitor” PCV-40732/40734, con punto de ajuste de 3606 kPag (523 psig). El gas calentado se enviará del paquete de acondicionamiento de gas hacia la línea 3"-FG- 40762-D0A1. Aguas arriba del límite batería de salida del paquete, se colocará una válvula de seguridad, PSV-40733, la cual se calibrará a 4744 kPag (688 psig) para el escenario en el que no se haya podido regular la presión con las válvulas PCV. El gas desfogado se enviará hacia la atmósfera a lugar seguro.

De las líneas de las PSV se bifurca una línea que se conecta a un cabezal en común, con el fin de recuperar el gas entrampado posterior a un paro del sistema, este gas se manda a la línea 3"-V-40760- D0A1 con dirección al sistema de recuperación de gas.

Sobre la línea 3"-FG-40762-D0A1 se localizará el PIT-40732, el cual enviará la señal de presión a la salida del paquete de acondicionamiento de gas combustible al SPE, con alarmas por alta-alta presión, alta presión, baja presión y baja-baja presión.

Aguas abajo del PIT-40732, la línea de salida contará con la válvula SDV-41232 y la válvula BDV-40731A, los cuales se activarán desde el SPE ante un evento inseguro o de emergencia. Finalmente, el gas combustible se enviará hacia el paquete de las turbinas PK-FG-4004.

I.8.4. Sistema de venteo de gas

El sistema de venteo general estará integrado por dos cabezales, uno de alta presión 16"-V-40501-B0A1 y uno de baja presión 16"-V-40502-A0A1, los cuales concurren en la columna de venteo VC-V-4001.

Sobre el cabezal de baja presión 16"-V-40502-A0A1 se encuentra el orificio de restricción RO-40501 y sobre el cabezal de alta presión 16"-V-40501-B0A1 se encuentra el orificio de restricción RO-40502. El uso de placas de restricción "RO", permite un correcto funcionamiento del sistema de venteo al controlar la presión de operación.

La columna de venteo VC-V-4001 opera a presión atmosférica.

I.8.5. Sistema de recuperación de gas

Al sistema de recuperación de gas llegan los venteos por mantenimiento o algún paro programado de las siguientes:

Todos estos venteos llegan al cabezal 4"-V-40520-D0A1 que descarga al recipiente R-V-40921. En el cabezal 4"-V-40520-D0A1 se contará con un transmisor indicador de presión PIT-40521, con

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

indicación de presión en el SCP, PI-40521, en el cual se configurarán una alarma por baja presión en el SCP. Así mismo, sobre este cabezal se instalará un transmisor indicador de flujo, FIT-40521, tipo multivariable y un termopar TE-40521, para hacer el ajuste por temperatura en la medición de flujo. En el SCP se tendrá una indicación de flujo, FI-40521.

El tanque booster tipo knock-out R-V-40921 contará con un vidrio de nivel, LG-40521, un indicador de presión, PG-40521, y un indicador de temperatura TW/TG-40521. Así mismo, se instalará una válvula de seguridad PSV-40521, la cual desfogará hacia la atmósfera. El punto de ajuste será de 9928 kPag (1440 psig). En el fondo del tanque se recolectarán los condensados que se separan a través del demister, para posteriormente disponer de los condensados a través de la línea 2"-CD-40520-D0A1 donde se tendrá una placa de restricción RO-40521 la cual reducirá la presión, para que el fluido se pueda conducir hasta el recipiente de condensados.

A la salida del recipiente R-V-40921 se podrá enviar el gas hacia el sistema de recuperación de gas venteos PK-V-4001 por medio de la línea 4"-NG-40520-D0A1 o hacia el sistema de acondicionamiento de gas combustible para generadores eléctricos PK-FG-4005 mediante la línea 1 1/2"-FG-40520-D0A1.

El proveedor del sistema de recuperación de gas venteos PK-V-4001 deberá entregar la filosofía de operación del paquete. Este paquete tiene la función de reinyectar el gas natural a través de un motocompresor hacia la línea 42"-GN-40403-D0A1. Así mismo, el paquete PK-V-4001 contará con la línea de bypass 3"-GN-40521-D0A1 con válvula manual tipo bola y válvula check, la cual se utilizará cuando la presión sea suficiente para la reinyección del gas sin requerir la operación del PK-V-4001.

Tabla 39. Documentos de referencia de proceso de la estación CS4

Nombre	Clave del plano	Anexo
Diagrama de Flujo de Proceso Estación CS4	SM-400-WOR-PR-PFD-00001-S_00-signed.pdf	Anexo_ER_11. Diagramas CS4
DTI Filtros Separadores CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00001-01-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00001-02-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00001-03-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00001-04-S_00-signed.pdf	
DTI Estación de medición CARSO	SM-400-WOR-PR-PID-00002-01-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00003-01-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00003-02-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00003-03-S_00-signed.pdf	
DTI Compresión y Enfriamiento CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00003-04-S_00-signed.pdf	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Nombre	Clave del plano	Anexo
DTI Trampa de diablos de envío y recibo de GN CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00004-01-S_00-signed.pdf	
DTI Trampa de diablos de envío y recibo de GN CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00004-02-S_00-signed.pdf	
DTI Sistema de recuperación de gas CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00005-01-S_00-signed.pdf	
DTI Sistema de recuperación de gas CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00005-02-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00007-01-S_00-signed D.pdf	
DTI Gas combustible CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00007-02-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00007-03-S_00-signed.pdf	
DTI Gas combustible CS4	SM-400-WOR-PR-PID-00007-04-S_00-signed.pdf	

J. EMRyC Puerto Libertad

A continuación, se indica la descripción del proceso de alimentación, filtración, medición y regulación de gas natural de la EMRyC Puerto Libertad, así como, todos los servicios auxiliares asociados a los equipos principales.

J.1. Alimentación a la EMRyC Puerto Libertad

La EMRyC se alimenta a través del gasoducto proveniente de la Estación de Compresión Santa Ana CS- 4, el cual suministrará un flujo máximo de 2834 MMSCFD con una presión de operación de 7208 kPag (1046 psig) y una temperatura normal de 35 °C (95 °F). La línea que alimenta a la EMRyC Puerto Libertad es la 48"-GN-60500-E0A2, esta línea contará con una junta aislante monoblock MDJ-50501 para evitar la transición de corriente alterna.

Aguas abajo de la junta MDJ-50501 se localiza la Trampa de Recibo de Diablos, PR-GN-5001, para la limpieza e inspección del ducto. La trampa incluirá una válvula de bloqueo de 48" operada con motor eléctrico (XV-50505), un sensor local de paso de diablos, XS-50502; además de indicadores locales de presión tanto en la cubeta de la trampa, PG-50504, como en la línea de recibo, PG-50503.

El gas de pateo para el lanzamiento del diablo se obtiene de la línea 16"-GN-50502-D0A1, proveniente del cabezal 42"-GN-50500-D0A1.

Sobre el barril mayor de la trampa de diablos PR-GN-5001, se tiene la línea de venteo 3"-V-50503-D0A1 y 3"-V-50501-E0A1 que se envían a un lugar seguro. Estas líneas tienen como propósito purgar el equipo PR-GN-5001 del gas natural entrampado posterior al lanzado del diablo sobre el ducto.

Aguas arriba de la trampa, sobre la línea 48"-GN-60500-E0A1, se tiene la Tee guiada BT-50502 para su

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

conexión con la línea 48"-GN-60500-E0A1; posteriormente se tiene la Tee guiada BT-50501 para su conexión con la línea de venteo 16"-GN-50503-D0A1. El fin de la Tee guiada es poder dar libre paso al diablo sobre la tubería hacia el ducto.

Aguas abajo de la Tee Guiada BT-50502, se localiza la válvula automática de paro por emergencia ESDV- 50504, esta válvula cierra el suministro de GN a la EMRyC cuando se requiera aislarla por problemas en el ducto o por mantenimiento.

La ESDV-50504 contará con una línea de by-pass, 4"-GN-50501-D0A y una válvula manual HV-50503. La válvula HV-50503, contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-50503, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula.

Previo a la ESDV-50504 se contará con un PIT-50502 para monitorear la presión desde el SCP, el cual tendrá configurado una alarma por alta presión, baja presión y alta-alta presión. También sobre la línea 42"-GN-50500-E0A1 se contará con un TIT-50502 para monitorear la temperatura desde el SCP, el cual tendrá configurada una alarma por alta alta temperatura.

Sobre la línea 42"-GN-50100-D0A1, se cuenta con el PIT-50504A, el PIT-50504B redundante y el PI- 50504; el PIT-50504A/B está configurado con alarma por alta presión al SPE y el PI-50504 está configurado con alarma por alta alta presión al SPE. El PI-50504 cuenta con una votación 1oo2, previo al cierre de la válvula ESDV-50504 .

Del cabezal de suministro, 42"-GN-50100-D0A1, se interconecta la línea de 6"-GN-50107-D0A1 para abastecer al paquete de gas combustible del generador.

La línea 6"-GN-50107-D0A1 cuenta con una válvula check seguida de una válvula manual HV-50102C.

J.2. Filtración

El gas natural ingresará a los filtros separadores tipo coalescedor en un arreglo 4+1 (FS-GN-5001/FS- GN-5002/ FS-GN-5003/FS-GN-5004/FS-GN-5005) por medio de las líneas 24"-GN-50101/50102/ 50121/50122/50141-D0A1, respectivamente.

La presión diferencial de cada uno de los filtros será monitoreada por transmisores indicadores de presión diferencial, los cuales a su vez mediante un panel local enviarán la señal a los indicadores de presión diferencial PDI-50101/50102/50111/50112/50121; estos indicadores tendrán la función de monitorear la saturación del equipo mediante la caída de presión. La máxima caída de presión permisible será de 68.9 kPa (10.0 psi).

Al presentarse una caída de presión igual o mayor a la máxima permisible se enviará una señal electrónica analógica de 4 – 20 mA con protocolo HART a través del SCP. Los PDI-50101/50102/50111/50112/50121 estarán configurados con alarmas por alta presión diferencial y muy alta presión diferencial. Estas alarmas serán desplegadas en el HMI y notificarán al operador que es necesario realizar mantenimiento al filtro en operación.

Los filtros tendrán instrumentación local para monitorear las variables de presión y temperatura, TG-50101/50102/50104/50105/50106 y PG-50101/50102/50103/50104/50105.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

La línea de succión al filtro FS-GN-5001, 24"-GN-50101-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-50102A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-50103-D0A1, cuenta con una válvula XV-50103A.

La línea de succión al filtro FS-GN-5002, 24"-GN-50102-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-50102B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-50104-D0A1, cuenta con una válvula XV-50103B.

La línea de succión al filtro FS-GN-5003, 24"-GN-50121-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-50112A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-50123-D0A1, cuenta con una válvula XV-50113A.

La línea de succión al filtro FS-GN-5004, 24"-GN-50122-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-50122B; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-50124-D0A1, cuenta con una válvula XV-50113B.

La línea de succión al filtro FS-GN-5005, 24"-GN-50141-D0A1, cuenta con una válvula operada por motor eléctrico XV-50122A; mientras que la línea de descarga del mismo filtro, 24"-GN-50142-D0A1, cuenta con una válvula XV-50123A.

La principal función de estas válvulas es aislar de la operación o permitirles su operación a los filtros en el proceso, según sea el caso.

En el evento de que salga de operación el filtro principal FS-GN-5001/5002/5003/5004, se deberán abrir la XV-50122A/50123B y posterior a ello cerrar las válvulas de bloqueo del filtro que saldrá de operación.

El condensado que se recupere en cada uno de los filtros se canalizará a la pierna de nivel y será monitoreado por un indicador de nivel local LG-50101A/B, LG-50102A/B, LG-50111A/B, LG-50112A/B y LG-50121A/B, y un transmisor indicador de nivel LIT-50101A/B, LIT-50102A/B, LIT-50111A/B, LIT-50112A/B y LIT-50121A/B con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SCP por medio de un lazo de 4-30 mA HART, accionando las válvulas de nivel.

Así mismo se contará con transmisores indicadores de nivel redundantes LIT-50101C/D, LIT-50102C/D, LIT-50111C/D, LIT-50112A/B y LIT-50121C/D con alarmas por alto-alto nivel, alto nivel, bajo nivel y bajo-bajo nivel, que enviarán la señal de esta variable al SPE para tomar las medidas necesarias, para evitar el arrastre de condensados que pueda causar daños.

El condensado proveniente de los filtros FS-GN-5001/5002/5003/5004/5005 será enviado a través de la línea 2"-CD-50100/50101/50120/50121/50140-A0A1, en donde aguas abajo se cuenta con un transmisor indicador de flujo (FIT-50101/50102/50103/50104/50105), el cual enviará una señal al SCP de alarma por alto-alto flujo y alto flujo. También se contará con una placa de orificio (RO-50103/50104/50105/50106/50107), la cual reducirá la presión en el límite del equipo paquete de los filtros, para que el fluido circule hasta el cabezal que descarga al recipiente.

El condensado será enviado mediante el accionamiento de las válvulas de nivel automático tipo on/off, LV-50101/50102, LV-50103/50104, LV-50105/50106, LV-50107/50108 y LV-50109/50110. El accionamiento de apertura y cierre de estas válvulas será por acción eléctrica de 24 VCD, mediante

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

las válvulas solenoide de tres vías, las cuales recibirán señal de los transmisores de nivel LIT-501011A/B, LIT-50102A/B, LIT-50111A/B, LIT-50112A/B y LIT-50121A/B. Las válvulas de control de nivel abrirán cuando se presente un nivel alto accionado por el comando configurado LSH-50101A/B, LSH-50102A/B y LSH-50111A/B, LSH-50112A/B y LSH-50121A/B cerrarán una vez que se detecte bajo nivel a través del mando configurado LSL-50101A/B, LSL-50102A/B, LSL-50111A/B, LSL-50112A/B y LSL-50121A/B.

Cuando falle el suministro de aire en el actuador de las válvulas de control de nivel, estas cerrarán completamente y su estatus se verificará desde el SCP. Las válvulas de nivel están equipadas con actuador neumático de pistón de acción doble y usarán como fuerza motriz la presión del aire de instrumentos. Para el mantenimiento de estas válvulas de control de nivel, existe un bypass con válvula de corte manual tipo bola de 2” pulgadas, en posición normalmente cerrada.

Para protección de una sobrepresión en los filtros, se contará con una válvula de seguridad por cada filtro, PSV-50101/50102/50103/50104/50105, con una presión de ajuste de 9928 kPag (1440 psig). Estas válvulas desfogarán a un sitio seguro hacia la atmósfera a través de las líneas 2"-V-50106/50107/50126/50127/50143-A0A1.

El gas filtrado será enviado a través de las líneas 24"-GN-50103/50104/50123/50124/50142-D0A1 que se conectan con el cabezal común 42"-GN-50105-D0A1 el cual alimenta al patín de medición MS-GN- 5001/2/3/4/5.

J.3. Regulación y Medición

El gas proveniente de los filtros separadores tipo coalescedor FS-GN-5001/2/3/4/5, contará con una etapa de regulación antes de la etapa de medición.

Patín de medición.

El gas natural que proviene del cabezal 42"-GN-50105-D0A1 se envía hacia el cabezal común del patín de medición MS-GN-5001/2/3/4/5, 42"-GN-50250-D0A1.

El patín de medición de tipo ultrasónico MS-GN-5001/2/3/4/5 contará con cinco brazos de medición, 20"- GN-50251/2/3/4/5-D0A1, en arreglo 4+1. La capacidad máxima de operación de cada brazo es 709 MMSCFD.

Cada brazo contará con un acondicionador de flujo a la entrada FX-50201A/B/C/D/E, un transmisor de flujo del tipo ultrasónico, FE/FT-50201A/B/C/D/E, un transmisor indicador de presión, PIT-50201A/B/C/D/E, un transmisor indicador de temperatura, TE/TIT-50201A/B/C/D/E, así como un indicador de presión, PG-50201A/B/C/D/E y un indicador de temperatura, TG-50201A/B/C/D/E.

Los transmisores de flujo, FE/FT-50201A/B/C/D/E, enviarán una señal de flujo hacia el FQI-50201.

Cada brazo de medición contará con válvulas manuales a la entrada, HV-50201A/B/C/D/E y válvulas de corte operadas con motor eléctrico a la salida, XV-50202A/B/C/D/E. Estas válvulas permitirán realizar las maniobras operativas para alinear el brazo en operación y dejar fuera el brazo en espera.

Continuando con el proceso, el gas natural se enviará por medio de la línea 42"-GN-50262-D0A1 a una unidad de análisis de calidad del gas, la cual consistirá en los siguientes elementos de análisis:

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Azufre total (ST) y H₂S, AIT-50201/50202.
- Humedad (H₂O), AIT-50202.
- Composición del gas (cromatógrafo de gases), AIT-50203.
- Oxígeno (O₂) , AIT-50204

El cromatógrafo de gases será capaz de analizar la composición del gas natural de C1 a C9+, CO₂, O₂, poder calorífico y gravedad específica del flujo a través de columnas y detectores de conductividad térmica tipo termistor. El equipo deberá incluir todos los accesorios en acero inoxidable, tanques de gas de arrastre y cilindro de gas de calibración con regulador y conexiones. El tiempo de análisis del equipo será de 5 minutos o menos, con una repetibilidad de ± 0.5 BTU/1000 SCF.

El analizador de humedad será capaz de determinar cuantitativa y directamente la cantidad de humedad en el gas sin interferencias debido a la presencia de H₂S, CO₂ o NH₃ en la corriente de gas, con una repetibilidad de 0.2 ppm en volumen o el 1% de la lectura (el mayor de ellos) con un flujo de muestreo de 750 ml/min a 15 psi. El equipo deberá incluir filtro de acondicionador de muestra, medidores y válvulas. El analizador deberá cumplir con el método de prueba establecido ASTM-D-5454-04 para celdas de tipo láser, usar tecnología de cristal de cuarzo o sensor de óxido de aluminio. La envolvente del analizador deberá ser a prueba de explosión NEMA 7 y en concordancia con la clasificación del área en la que se ubique.

La celda de muestra debe ser de acero inoxidable 316L pulido.

El analizador de humedad deberá contar con una salida de 4-30 mA para conexión hacia el computador de flujo y un puerto de comunicación Ethernet RJ45 para diagnóstico.

El analizador de H₂O deberá contar con su probeta de toma de muestra, a definir en la ingeniería de detalle.

El SCADA recibirá señales del equipo analizador y tendrá alarmas configuradas por alta concentración de H₂O, H₂S, y azufre total. En caso de presentarse un alto contenido de C9+ o de alguno de los parámetros de calidad en la corriente de gas, según lo indicado en la **NOM-001-SECRE-3010**, se activará una alarma. El operador deberá decidir cuál será la acción por seguir en este evento.

El computador de flujo FQI-50201 enviará las señales de estas variables al SCP y posteriormente al SCADA, en donde se tendrá indicación de cada una de ellas.

Inmediatamente después se tendrá el PIT-50202 y el TIT-50202, que enviarán señales de los parámetros medidos a través del FQI-50201 al SCADA para verificar las condiciones de salida del patín de medición de flujo.

Patín de regulación.

El gas natural que proviene del cabezal 42"-GN-50262-D0A1 se envía hacia el cabezal común del patín de regulación RS-GN-5001/2, 42"-GN-50263-D0A1. El patín de regulación RS-GN-5001/5002 contará con dos brazos de regulación, 36"-GN-50264/50265/-D0A1, y tendrá un arreglo 1+1, es decir,

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

un brazo en operación y uno de relevo. La capacidad máxima de operación de cada brazo es de 2834 MMSCFD.

Cada brazo de regulación de flujo contará con válvulas de corte automáticas operadas con motor eléctrico a la entrada y a la salida , XV-50211A/B y XV-50212A/B. Estas válvulas permitirán realizar las maniobras operativas para alinear el brazo en operación y dejar fuera el brazo en espera.

Cada brazo contará con una válvula reguladora de flujo FCV-50211A/B que permitirá regular el flujo entregado, y así como un indicador de presión PG-50212A/B.

A la salida del patín de regulación se cuenta con un cabezal común 42"-GN-50269-D0A1 que se interconecta con el Punto de Entrega en la Terminal de Licuefacción de Gas Natural (NGL) ubicada en Puerto Libertad por medio de la línea 42"-GN-50270-D0A1.

En la línea 42"-GN-50270-D0A1 se tiene el PIT-50212 y el TIT-50212, que envían señales de los parámetros medidos al SCP para verificar las condiciones en el punto de entrega. Estos instrumentos tienen configuradas alarmas por alta temperatura, baja presión, alta presión y alta alta presión. Posteriormente, se localiza la válvula automática de paro por emergencia ESDV-50201. Esta válvula contará con una línea de by-pass, 4"-GN-50271-D0A1, y la válvula manual HV-50201A. La válvula manual de carga HV-50201A contará con un transmisor de presión diferencial PDIT-10108, el cual medirá la diferencia de presión de ambos lados de la válvula.

Aguas abajo de la ESDV-50201, se instalará una junta dieléctrica monolítica, MDJ-50201, para proveer un aislamiento de la protección catódica del ducto hacia los componentes de la EMRyC.

A la salida de la EMRyC, el gas natural será enviado hacia el Punto de Entrega Terminal GNL de Sonora en Puerto Libertad.

J.4. Servicios auxiliares

Los servicios auxiliares en la EMRyC son:

- Sistema de Acondicionamiento de Gas Combustible a Generador de Energía
- Sistema de Drenaje de Condensados

Tabla 40. Documentos de referencia de proceso de la EMRyC Puerto Libertad

Nombre	Clave del plano	Anexo
Diagrama de Flujo de Proceso EMRyC Puerto Libertad	SM-500-WOR-PR-PFD-00001-S_00-signed.pdf	Anexo ER 12. Diagramas EMRyC
DTI Filtros Separadores EMRyC Puerto Libertad	SM-500-WOR-PR-PID-00001-01-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores EMRyC Puerto Libertad	SM-500-WOR-PR-PID-00001-02-S_00-signed.pdf	
DTI Filtros Separadores EMRyC Puerto Libertad	SM-500-WOR-PR-PID-00001-03-S_00-signed.pdf	

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Nombre	Clave del plano	Anexo
DTI Estación de medición EMRyC Puerto Libertad	SM-500-WOR-PR-PID-00002-S_00-signed.pdf	
DTI Trampa de diablos de envío y recibo de GN EMRyC Puerto Libertad	SM-500-WOR-PR-PID-00004-S_00-signed.pdf	

III. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

A. Aspectos abióticos

A.1. Clima

El clima es la interacción de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un área de la superficie terrestre o, también, es un conjunto de los valores promedio de las condiciones atmosféricas que caracterizan una determinada región. Entre los componentes del clima destacan la temperatura, la presión atmosférica, la humedad, el viento y la precipitación. Los factores que modifican estos componentes son la latitud, el relieve e, incluso, las corrientes oceánicas.

Las variables ambientales hacen muy complejo establecer una clasificación de los climas del mundo. Con base en la clasificación de Köppen, los climas se dividen en seis grandes grupos basados en los niveles de temperatura y aridez. Para su clasificación se utilizan cuatro grupos o unidades: clima cálido, clima frío, clima seco y clima templado. Estos a su vez, dependiendo de la humedad, son clasificados de forma general como húmedo, subhúmedo, semiseco y seco.

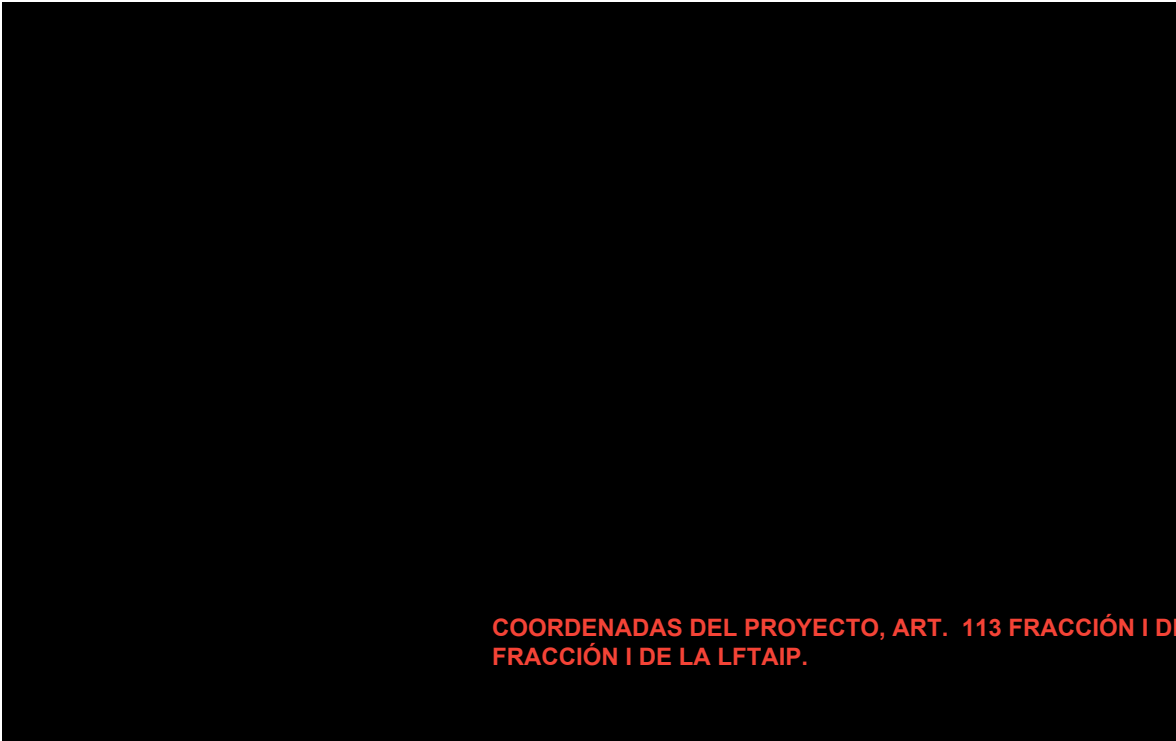
México utiliza un sistema de climas basado en la clasificación de Köppen, con las modificaciones que realizó E. García en 1964 para la Comisión de Estudios del Territorio Nacional² y, posteriormente, para el INEGI en 1980.

De acuerdo con esta clasificación, el **AP** presentan trece tipos de clima: cálido subhúmedo, muy seco cálido, muy seco semicalido, muy seco templado, seco cálido, seco semicálido, seco templado, semifrío subhúmedo, semiseco cálido, semiseco semicalido, semiseco semifrío, semiseco templado y templado subhúmedo.

²http://www.igeograf.unam.mx/sigg/utilidades/docs/pdfs/publicaciones/geo_siglo21/serie_lib/modific_al_sis.pdf

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 17. Unidades climáticas en el área DDV del gasoducto



Con el propósito de hacer un análisis más detallado de las condiciones climáticas del **AP**, se llevó a cabo una evaluación de la información geográfica y meteorológica en operación más cercanas al área de estudio.

Tabla 41. Estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio (alturas sobre el nivel del mar)

Estación	Número	Municipio y estado	Altura (msnm)
Altar	26206	Altar, Sonora	422
Nuevo Casas Grandes	8107	Nuevo Casas Grandes, Chihuahua	1466
Pilares de Nacozari	26059	Nacozari de García, Sonora	1100
Villa Ahumada	8155	Ahumada, Chihuahua	1200

Con el registro de información de las estaciones, se prosiguió a realizar un análisis de las variables climatológicas, temperatura y precipitación, obteniendo la siguiente información.

A.1.1. Temperatura

La temperatura promedio anual registrada en las estaciones oscila entre los 16.3°C y los 22.1°C (con una temperatura promedio de 18.9°C). Los meses más cálidos son mayo, junio y julio, con una media

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

de 22.3°C, 26.9°C y 28°C, respectivamente. Los meses más fríos son diciembre y enero con 10.1°C y 9.7°C.

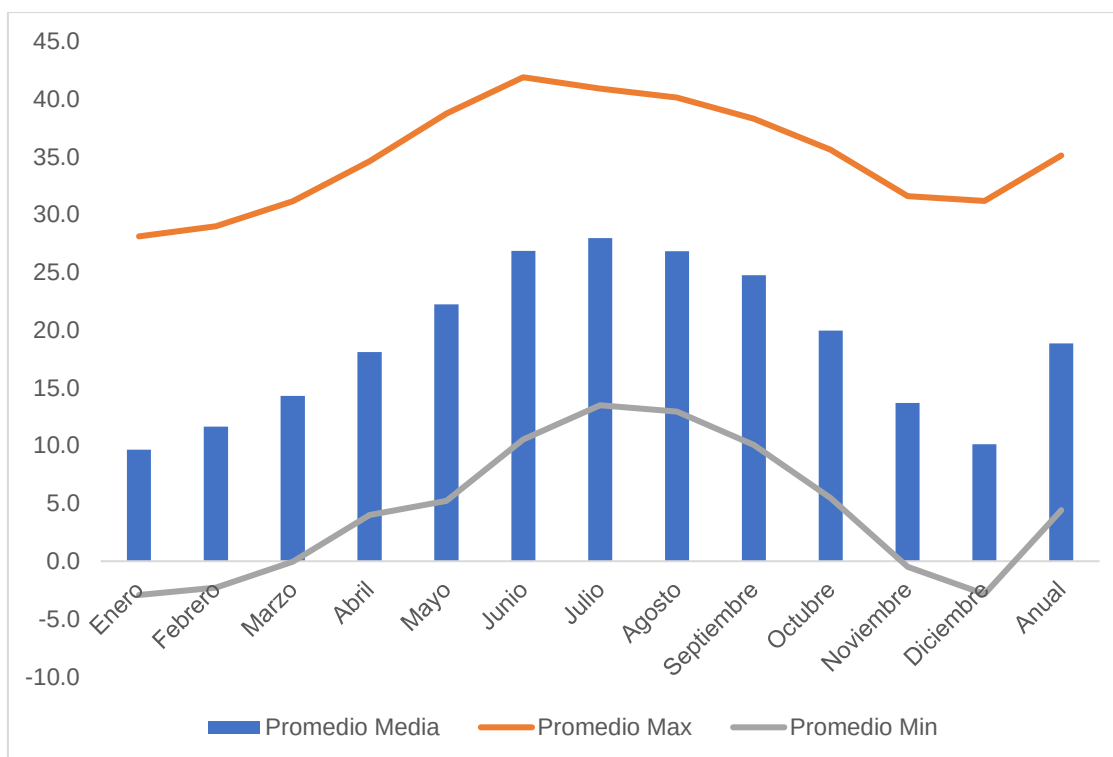
Tabla 42. Temperatura promedio mensual registrada en las 4 estaciones.

Mes	Promedio		
	Max	Media	Min
Enero	28.1	9.7	-2.9
Febrero	29.0	11.7	-2.3
Marzo	31.2	14.3	-0.1
Abril	34.6	18.1	4.0
Mayo	38.8	22.3	5.2
Junio	41.9	26.9	10.6
Julio	40.9	28.0	13.5
Agosto	40.2	26.9	13.0
Septiembre	38.3	24.8	10.1
Octubre	35.6	20.0	5.5
Noviembre	31.6	13.7	-0.5
Diciembre	31.2	10.1	-2.9
Anual	35.1	18.9	4.4

Asimismo, en la figura siguiente se muestra el comportamiento de la temperatura media mensual registrada por la estación climatológica.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 18. Comportamiento de la temperatura media mensual registrada en las normales climatológicas



A.1.2. Precipitación

La precipitación media anual registrada en las 4 estaciones varía entre 311.9 y 527.6 mm, con una precipitación media anual de 373.1 mm. La temporada de lluvias ocurre entre los meses de junio y octubre, donde los meses más lluviosos son julio y agosto, con registros de precipitaciones de 217.7 y 197.0 mm, respectivamente. Por otro lado, los meses con menor precipitación son abril y mayo con registros de 58.1 mm y 61.6 mm.

Tabla 43. Precipitación máxima mensual y máxima diaria para las 4 estaciones.

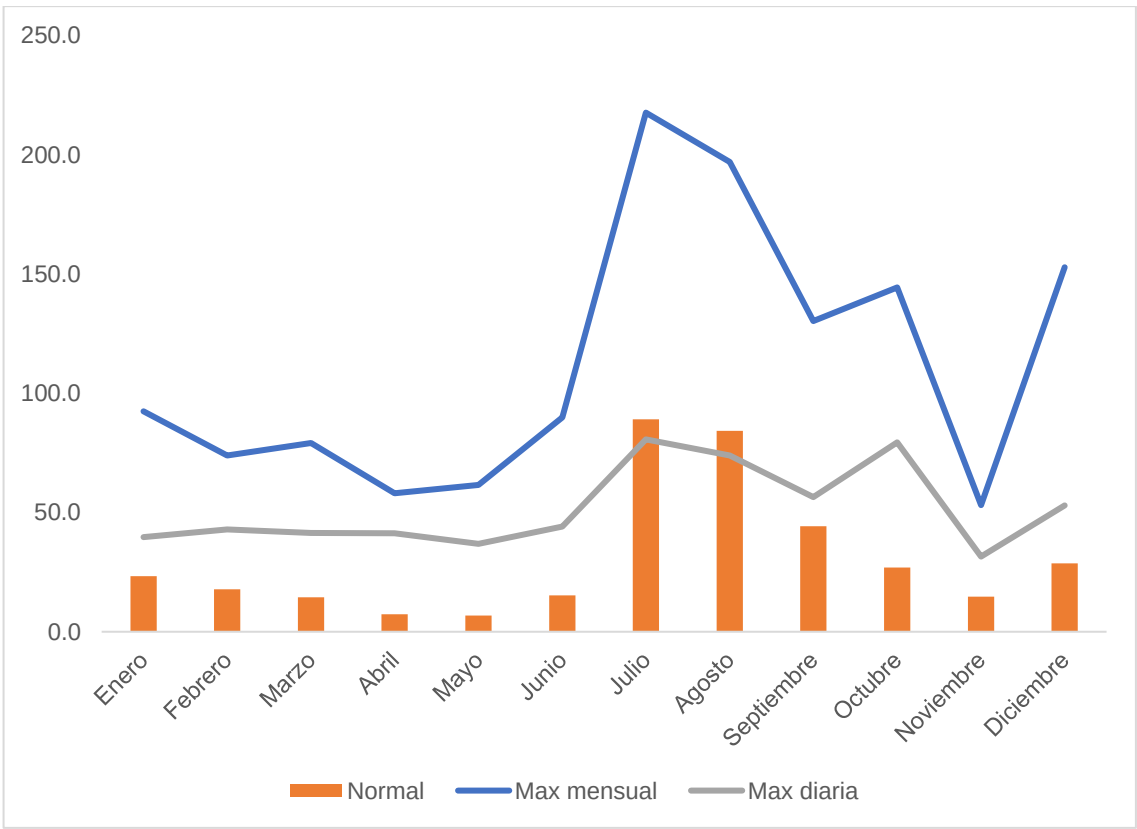
Mes	Media		
	Max mensual	Normal	Max diaria
Enero	92.5	23.3	39.6
Febrero	73.9	17.8	42.9
Marzo	79.2	14.5	41.4
Abril	58.1	7.4	41.3
Mayo	61.6	6.8	36.8
Junio	89.9	15.2	44.1

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Mes	Media		
	Max mensual	Normal	Max diaria
Julio	217.7	89.1	80.7
Agosto	197.0	84.3	73.9
Septiembre	130.3	44.3	56.5
Octubre	144.3	27.0	79.4
Noviembre	53.1	14.8	31.5
Diciembre	152.8	28.7	53.0
Anual		373.1	

De acuerdo con los datos anteriores, en la figura siguiente se presenta el comportamiento de la precipitación media mensual de acuerdo con los datos de la tabla anterior.

Figura. 19. Precipitación media mensual registrada



En la figura siguiente se observan las isoyetas e isotermas para la región en que se ubica el **AP**. Esta cartografía del INEGI se trata de líneas construidas a partir de puntos de igual precipitación y

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

temperatura, las isotermas más cercas al área de estudio indica una temperatura media de 18.9°C y las isoyetas indican una precipitación media anual de 373 mm.

Figura. 20. Isoyetas e isotermas en el área del Proyecto



A.1.3. Vientos dominantes

El viento es un elemento climatológico definido como “aire en movimiento”, se describe mediante las características de velocidad y dirección del aire. Debido a esto, se le considera como un vector de magnitud. La rosa de los vientos es el símbolo que nos permite representar simultáneamente la relación que existe entre las características que componen el viento. La información de cada rosa de viento muestra la frecuencia de ocurrencia de los vientos en 16 sectores de dirección (E, ENE, NE, NNE, W, WNW, NW, NNW, ESE, SE, SSE, S, SSW, N, WSW, SW) y en clases de velocidad de viento para un localidad y periodo de tiempo dado.

Los datos de velocidad y dirección del viento provienen de las estaciones meteorológicas más cercanas al AP y que cuenta con registros de este tipo. En este caso, las estaciones son Altar para el año 2014, Nuevo Casas Grandes para los años 2018 y 2019, Pilares Nacozari para los años 2019 y 2020, y Villa Ahumada para los años 2019 y 2021. En este sentido, se aprecia que los vientos tienen una dirección variable, siendo la dirección de los vientos predominantes hacia el noreste y, en menor medida, hacia el noroeste-oeste. Asimismo, se tiene una velocidad promedio entre 3.6 y 5.7 m/s

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 21. Direcciones predominantes del viento en la estación Altar

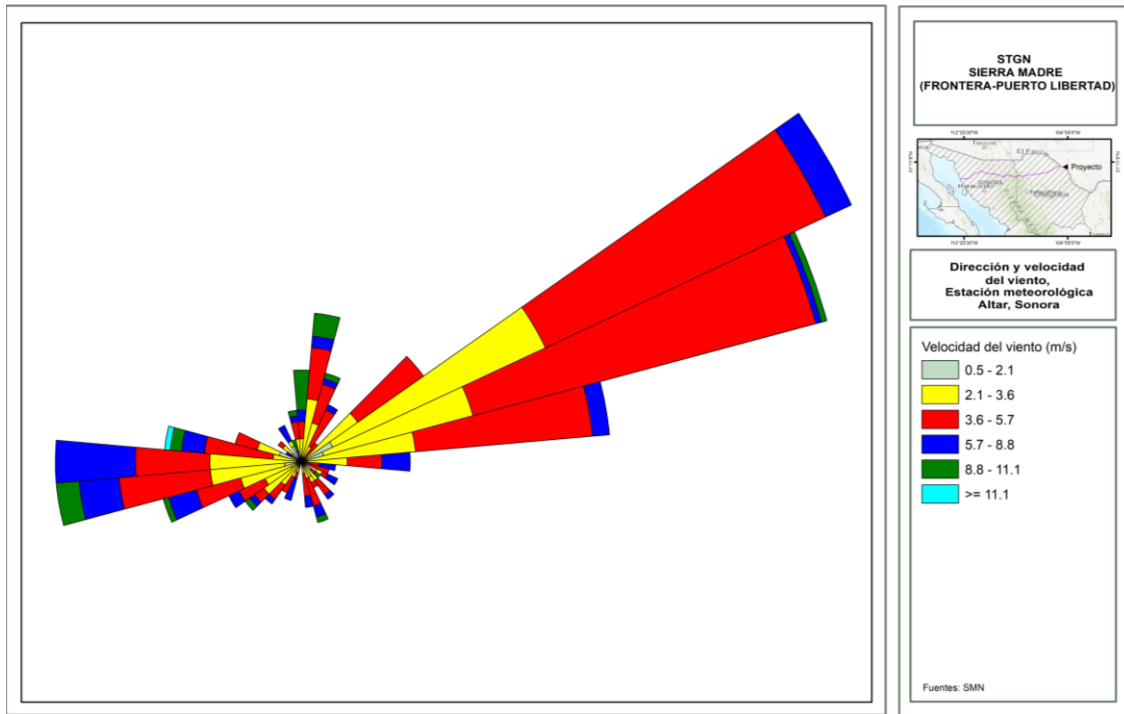
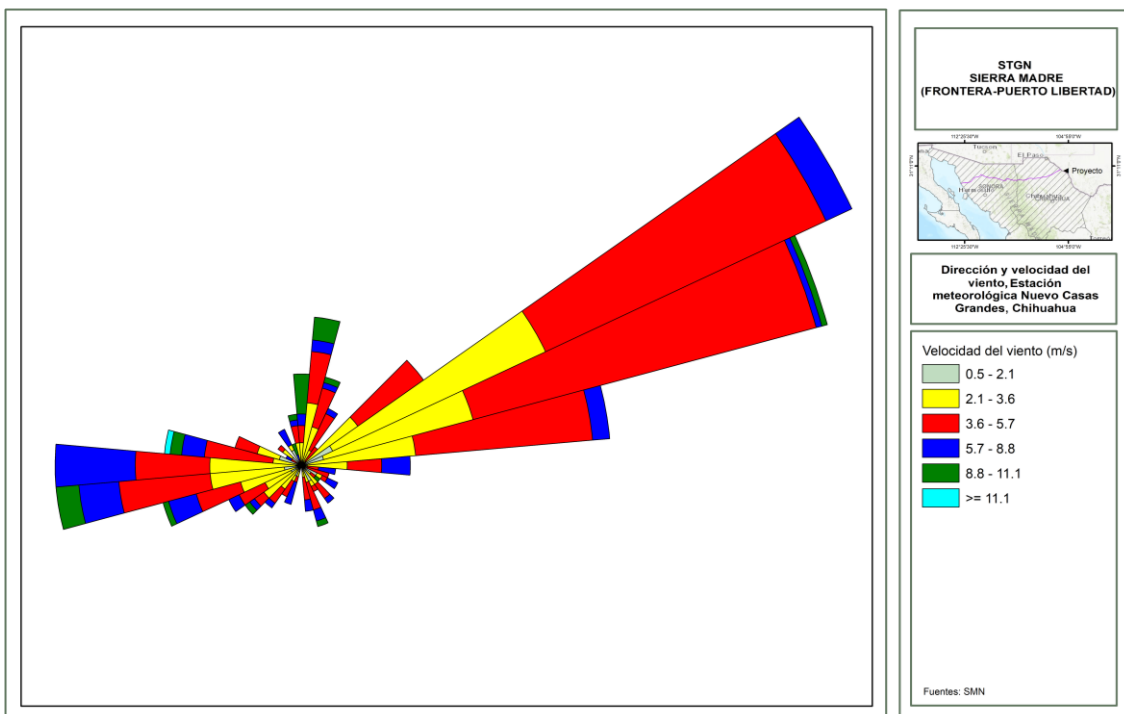


Figura. 22. Direcciones predominantes del viento en la estación Nuevo Casas Grandes



ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 23. Direcciones predominantes del viento en la estación Pilares

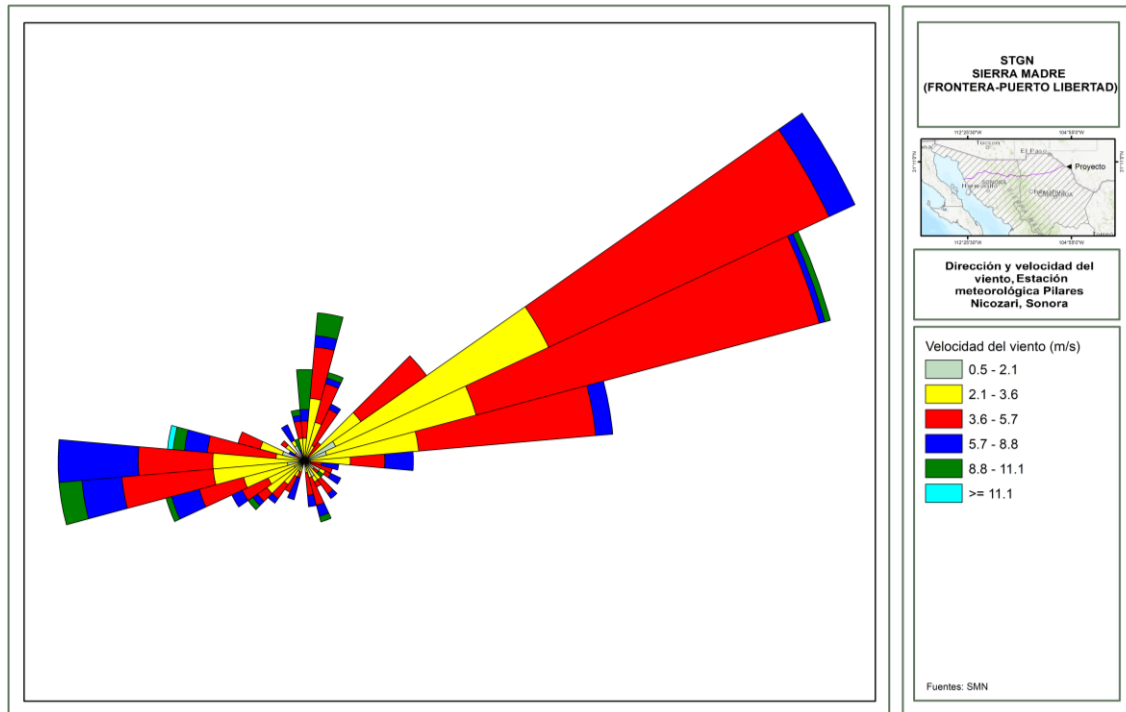
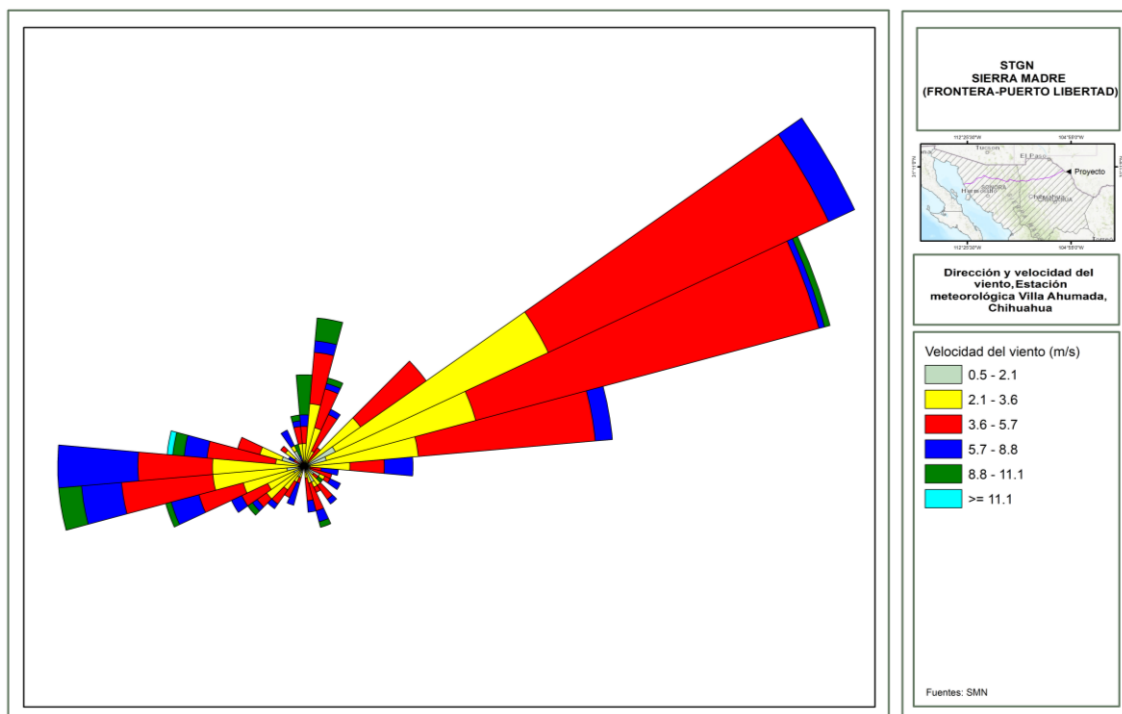


Figura. 24. Direcciones predominantes del viento en la estación Villa Ahumada



**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

En las estaciones meteorológicas reportadas anteriormente se presentan los datos para los siguientes fenómenos climatológicos: lluvia, neblina, granizo y tormentas eléctricas. El número de días promedio mensual se describe en la tabla siguiente.

Tabla 44. Promedio mensual de días con lluvia, niebla, granizo y tormentas que se registraron en las estaciones meteorológicas

Estación	Eventos	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Altar	Lluvia	3.1	2.1	2.5	1	0.4	0.9	6.3	6.4	3.5	2	1.6	3.1	32.9
	Niebla	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.2
	Granizo	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0.2
	Tormenta Eléctrica	0	0	0.1	0	0.2	0.3	2.1	1.9	0.6	0.4	0.1	0	5.7
Nacozari de García	Lluvia	3.9	2.8	2.2	0.9	0.8	1.9	12.6	9.3	4.9	2.4	2.8	4.1	48.6
	Niebla	0	0	0	0	0	0.2	1.2	0.7	0.3	0.1	0.1	0	2.6
	Granizo	0	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0.3
	Tormenta Eléctrica	0.1	0.1	0	0	0	0	0.1	0	0.3	0.1	0	0	0.7
Nuevo Casas Grandes	Lluvia	3.9	2.8	2.8	1.5	2	4	14.7	12.6	8.5	4.2	2.9	4.2	64.1
	Niebla	0.3	0.1	0	0	0.1	0	0	0.2	0.1	0.1	0.1	0.5	1.5
	Granizo	0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0	0	0	1
	Tormenta Eléctrica	0	0.3	0.2	0.5	1.1	2.8	4.9	5.6	2.8	1.1	0.2	0.1	19.6
Villa Ahumada	Lluvia	2.7	2	1.9	1.5	2.1	3	7.7	9	6.1	3.7	2.1	3	44.8
	Niebla	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0.3
	Granizo	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0.2	0	0	0.5
	Tormenta Eléctrica	0	0	0.1	0	0.1	0.4	0.7	0.9	0.3	0.1	0.1	0	2.7

A.2. Fenómenos climatológicos

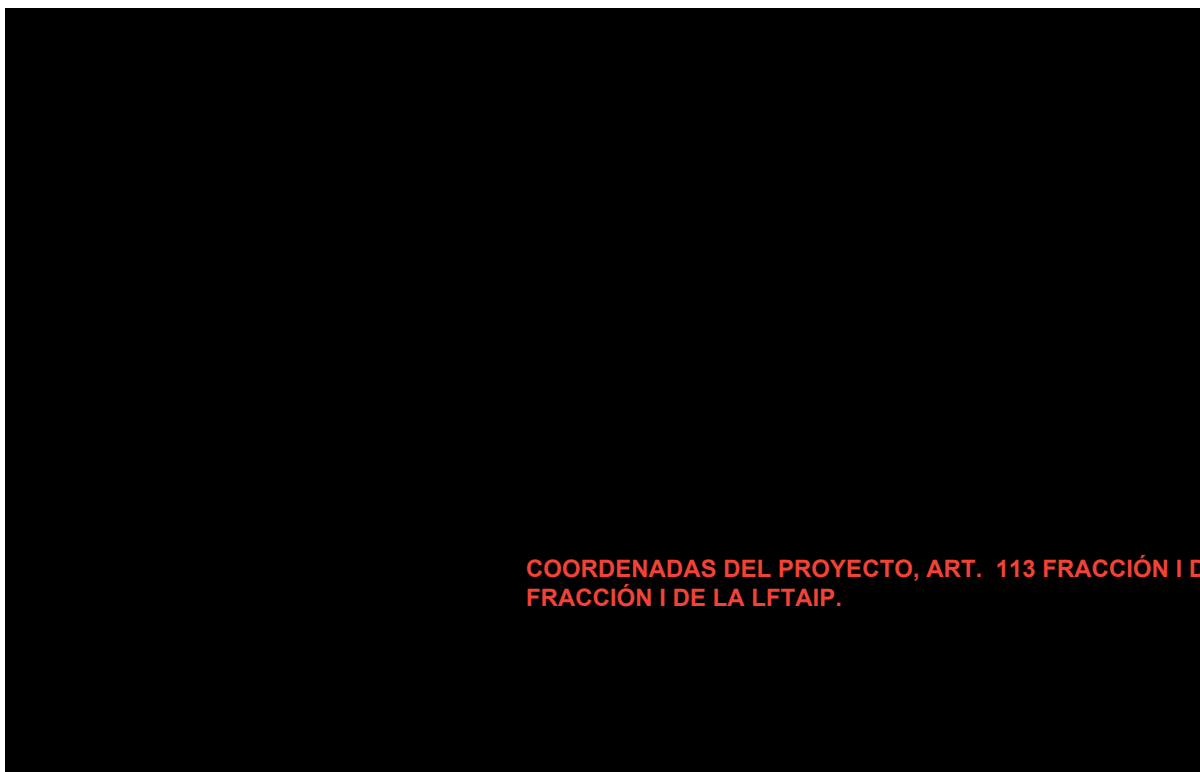
A.2.1. Heladas

Una helada ocurre cuando la temperatura del aire cercano a la superficie del terreno es $< 0^{\circ}\text{C}$ durante un tiempo mayor a cuatro horas. Conforme al Atlas Nacional de Riesgos por el Centro

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Nacional de Prevención de Desastres (**CENAPRED**)³, el **AP** se encuentran en una zona de peligro alto, medio y bajo por ocurrencia de heladas.

Figura. 25. Nivel de peligro por heladas en el AP



COORDENADAS DEL PROYECTO, ART. 113 FRACCIÓN I DE LA LGTAIP Y 110 FRACCIÓN I DE LA LFTAIP.

A.2.2. Ciclones (Huracanes)

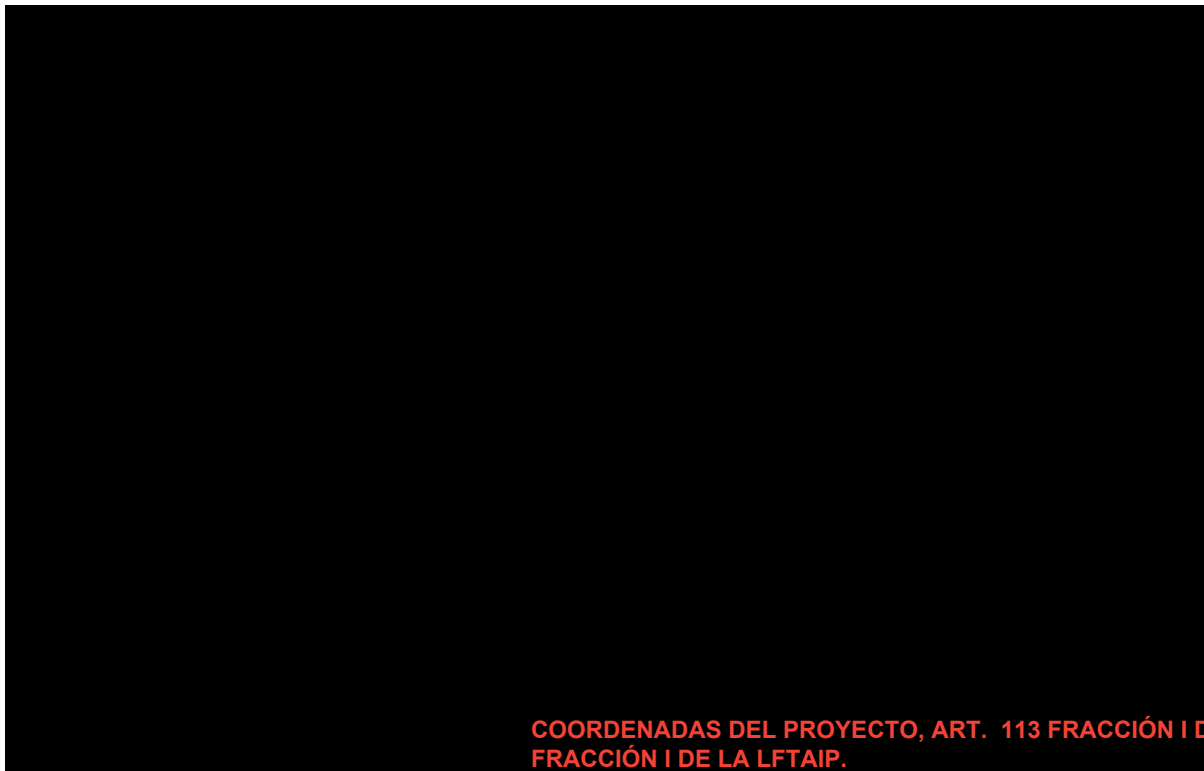
Un huracán tropical o ciclón consiste en una gran masa de aire con vientos fuertes que giran en forma de remolino hacia un centro de baja presión y que está acompañado de lluvias intensas.

El **CENAPRED** define los ciclones tropicales como masas de aire cálido y húmedo que se forman en el mar a temperaturas mayores a 26°C, con vientos fuertes que giran alrededor de una zona central en sentido contrario a las manecillas de reloj. De acuerdo con el **CENAPRED** y debido a la ubicación geográfica del Proyecto, el peligro por ciclones en la mayoría del **AP** es muy bajo, y solo una porción de los municipios de Magdalena de Kino y Santa Ana, en el estado de Sonora es bajo.

³ <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/>

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 26. Nivel de peligros por ciclones en el AP



A.2.3. Granizo

El granizo es un tipo de precipitación que se forma cuando las gotas de agua al interior de las nubes de tormenta (cumulonimbos) son impulsadas hacia zonas frías, en donde se congelan. Al chocar con otras gotas congeladas se aglutinan y crecen formando piedras de hielo que se precipitan debido a su peso. De acuerdo con los datos del **CENAPRED**, el **AP** en la parte noreste, se encuentran en una zona donde el nivel de peligro por granizo medio, mientras que en la parte noroeste se encuentran en una zona con nivel de peligro bajo.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 27. Nivel de peligro por granizo en el AP



A.2.4. Sequia

La sequía es una condición normal y recurrente del clima, ocurre o puede ocurrir en todas las zonas climáticas, aunque sus características varían significativamente de una región a otra. Se define como un conjunto de condiciones ambientales atmosféricas de muy poca humedad que se extienden durante un periodo suficientemente prolongado como para que la falta de lluvias cause un grave desequilibrio hidrológico y ecológico.

Otros factores climáticos como las altas temperaturas, los vientos fuertes y una baja humedad relativa están frecuentemente asociados con la sequía. Aun cuando el clima es el principal elemento de la sequía, otros factores como los cambios en el uso del suelo (la deforestación, agricultura, zonas urbanas), la quema de combustibles fósiles, las manchas solares, la ocurrencia de El Niño y otros fenómenos, afectan las características hidrológicas de la región.

Debido a que las regiones están interconectadas por sistemas hidrológicos, el impacto por sequía puede extenderse más allá de las fronteras del área con deficiente precipitación.

De acuerdo con los datos del Atlas de Riesgos del **CENAPRED**, el **AP** en la parte noreste y central de la trayectoria del Proyecto se encuentran en una zona con un peligro medio por sequía, mientras que en la parte noroeste y una porción de la parte central de la trayectoria de la tubería se encuentran en una zona con un peligro alto por sequía.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 28. Nivel de peligro por sequía en el AP



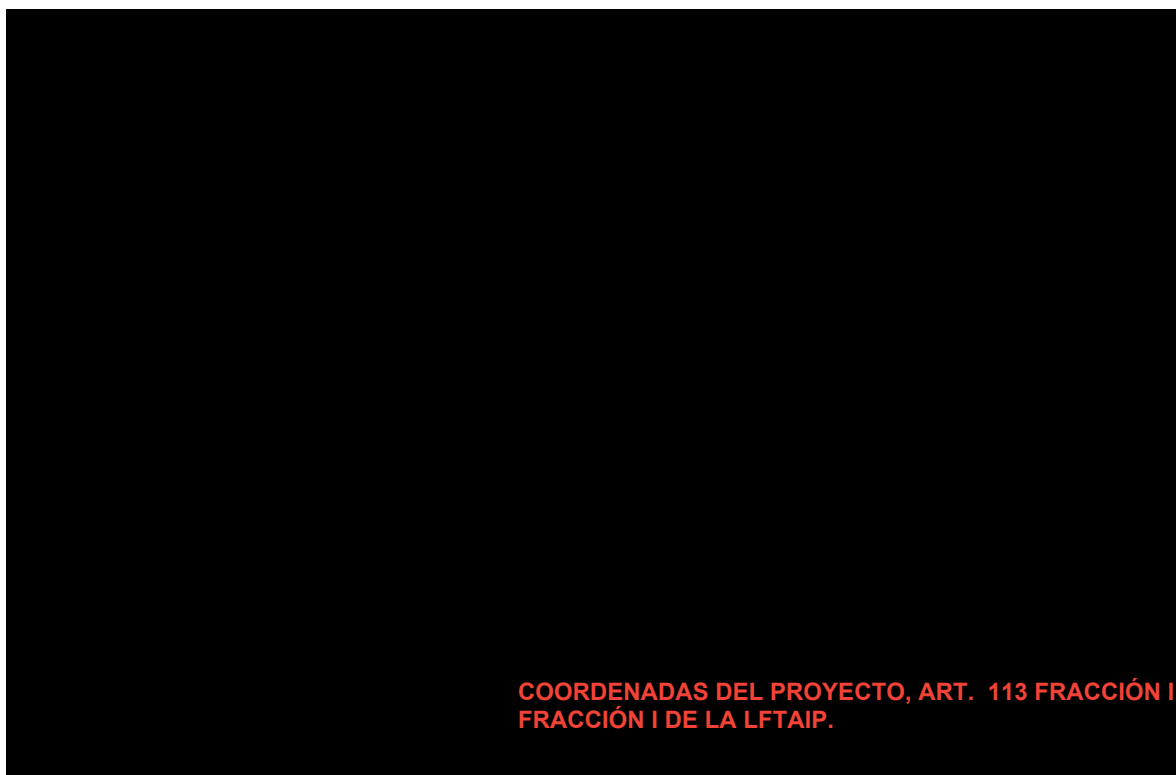
A.2.5. Inundaciones

Las inundaciones son fenómenos hidrometeorológicos que, de acuerdo con el **CENAPRED**, consisten en el incremento del nivel de superficie libre de un cuerpo de agua (río, lago, mar, etc.) que ocasiona la invasión del agua en sitios usualmente secos. Las inundaciones se generan debido a la ocurrencia de eventos extraordinarios como tormentas, oleaje por huracanes o incluso por fallas en estructuras hidráulicas como presas.

El **AP** en los municipios de Guadalupe, Buenaventura en el estado de Chihuahua, y Villa Hidalgo, Santa Ana, Trincheras y Pitiquito, estado de Sonora se encuentran en una zona con un nivel de peligro por inundaciones bajo; en los municipios de Nuevo Casas Grandes, Galeana, Casas Grandes, en el estado de Chihuahua, y Bacerac, Huachinera, Cumpas, Arispe, Cucurpe, en el estado de Sonora se encuentran en una zona con un nivel de peligro por inundaciones muy bajo; y el municipio de Ahumada en estado de Chihuahua, se encuentra en una zona con un nivel de peligro por inundaciones muy alto.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 29. Nivel de peligro por inundaciones en el AP



B. Geología

Dentro del **AP** existen 28 unidades litoestratigráficas, mismas que corresponden a Arenisca, Arenisca-Conglomerado, Arenisca-Limolita, Caliche, Caliza, Caliza-Arenisca, Caliza-Limolita, Caliza-Lutita, Cataclásita, complejo Metamórfico, Conglomerado, Corneana, Esquisto, Gneis, Limolita-Arenisca, Lutita, Lutita-Arenisca, metasedimentaria, Metavolcánica, N/A, Skarm, volcanoplástico, skarm, volcanoclástico, Volcanosedimentaria, ígnea extrusiva básica, ígnea extrusiva intermedia, ígnea extrusiva Ácida, ígnea intrusiva intermedia e ígnea intrusiva ácida.

De acuerdo con la escala geocronológica del estado de Sonora y Chihuahua, dentro del área correspondiente al **AP**, es posible localizar afloramientos de la era del Paleozoico, Mesozoico, Cenozoico, y Precámbrico. Asimismo, el predominio de rocas de tipo ígneas, metamórficas y sedimentarias como caliza y limolita-areniscas, debido a los distintos episodios volcánicos y deformaciones tectónicas ocurridos en la zona a lo largo del tiempo (INEGI, 1990).

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 30. Unidades Litoestratigráficas del AP

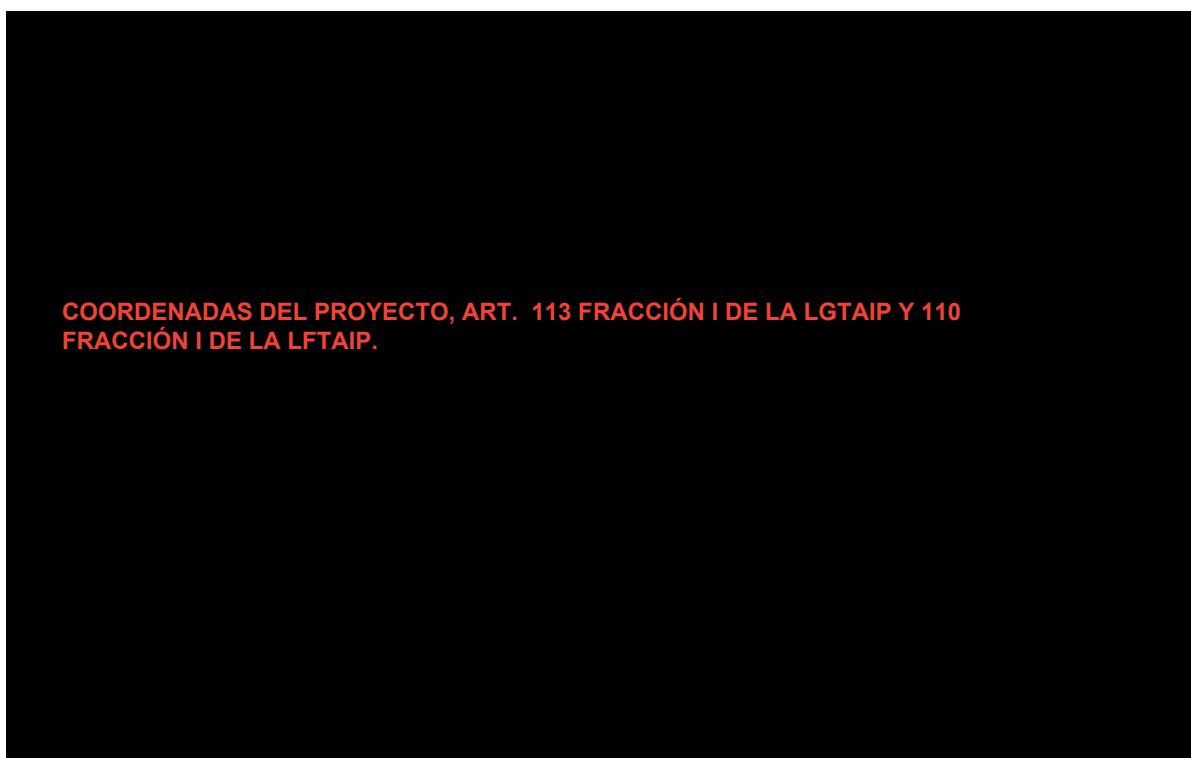


Tabla 45. Unidades litoestratigráficas del AP

Seccion	Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Área del proyecto
						Área (ha)
Sección 01	Kí(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	5.118
	Kí(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-Lutita	Mesozoico	Cretácico	10.502
	Kí(lu-ar)	Sedimentaria	Lutita-Arenisca	Mesozoico	Cretácico	0.459
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	29.400
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	3.431
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	13.689
	T(lm-ar)	Sedimentaria	Limolita-Arenisca	Cenozoico	Terciario	7.681
	T(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	7.433
Suma Sección 01						77.713

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Área del proyecto
						Área (ha)
Sección 02	Ki(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	
	Ki(lu-ar)	Sedimentaria	Lutita-Arenisca	Mesozoico	Cretácico	3.367
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	67.803
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	1.852
	Q(la)	N/A	Lacustre	Cenozoico	Cuaternario	2.078
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	0.369
Suma Sección 02						75.469
Sección 03	Ki(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	0.154
	Ki(cz-lu)	Sedimentaria	Caliza-Lutita	Mesozoico	Cretácico	0.779
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	41.516
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	3.073
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	10.981
	T(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	2.125
	Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario	13.454
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	4.581
Suma Sección 03						76.662
Sección 04	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	36.084
	T(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Terciario	0.665
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	20.576
	Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario	7.120
	Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	11.582
Suma Sección 04						76.028
Sección 05	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	65.983
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	8.850

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Área del proyecto
						Área (ha)
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	5.692
	Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	2.603
Suma Sección 05						83.127
Sección 06	Ki(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	4.413
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	46.378
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	7.292
	T(A)	Ígnea extrusiva	Andesita	Cenozoico	Terciario	0.843
	T(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Terciario	3.772
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	13.793
	T(Tq)	Ígnea extrusiva	Traquita	Cenozoico	Terciario	0.308
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	3.330
Suma Sección 06						80.129
Sección 07	Ks(lu-ar)	Sedimentaria	Lutita-Arenisca	Mesozoico	Cretácico	
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	38.857
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	5.125
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	13.533
	Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	22.585
Suma Sección 07						80.101
Sección 08	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	40.395
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	38.696
	Ts(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Neógeno	
	Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	
Suma Sección 08						79.091
Sección 09	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	23.859

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Área del proyecto
						Área (ha)
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	33.248
	Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	31.747
Suma Sección 09						88.854
Sección 10	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	9.319
	Tom(R)	Ígnea extrusiva	Riolita	Cenozoico	Terciario	2.172
	Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario	45.424
	Ts(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Neógeno	9.163
	Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	2.567
Suma Sección 10						68.645
Sección 11	Tom(R)	Ígnea extrusiva	Riolita	Cenozoico	Terciario	0.859
	Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario	18.043
	Ts(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Neógeno	44.239
	Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	6.461
Suma Sección 11						69.602
Sección 12	Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario	57.273
	Ts(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Neógeno	21.042
	Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	0.157
Suma Sección 12						78.473
Sección 13	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	2.264
	Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario	20.780
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	8.694
	Ts(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Neógeno	38.532
Suma Sección 13						70.270
Sección 14	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	1.222

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Área del proyecto
						Área (ha)
	Q(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Cuaternario	2.795
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	5.819
	Ti(A)	Ígnea extrusiva	Andesita	Cenozoico	Paleógeno	0.007
	Ti(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Paleógeno	14.827
	Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario	9.531
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	35.956
	Ts(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Neógeno	7.737
Suma Sección 14						77.894
Sección 15	K(A)	Ígnea extrusiva	Andesita	Mesozoico	Cretácico	8.134
	K(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Mesozoico	Cretácico	7.932
	Ti(A)	Ígnea extrusiva	Andesita	Cenozoico	Paleógeno	2.339
	Ti(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Paleógeno	1.218
	Ti(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Paleógeno	0.890
	Ti(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Paleógeno	10.255
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	45.990
Suma Sección 15						76.758
Sección 16	K(A)	Ígnea extrusiva	Andesita	Mesozoico	Cretácico	11.306
	K(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Mesozoico	Cretácico	9.717
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	2.098
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	18.481
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	11.976
Suma Sección 16						53.578
Sección 17	K(A)	Ígnea extrusiva	Andesita	Mesozoico	Cretácico	6.532
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	12.659

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Área del proyecto
						Área (ha)
	Q(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Cuaternario	8.211
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	29.058
	Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario	0.827
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	29.577
Suma Sección 17						86.865
Sección 18	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	2.419
	Q(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Cuaternario	0.511
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	26.556
	Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario	23.820
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	6.882
	Ts(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Neógeno	19.959
Suma Sección 18						80.146
Sección 19	Js(lm-ar)	Sedimentaria	Limolita-Arenisca	Mesozoico	Jurásico	3.945
	K(Gr)	Ígnea intrusiva	Granito	Mesozoico	Cretácico	7.584
	Kí(ar)	Sedimentaria	Arenisca	Mesozoico	Cretácico	5.416
	Kí(ar-cg)	Sedimentaria	Arenisca-Conglomerado	Mesozoico	Cretácico	12.010
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	1.329
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	5.935
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	19.298
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	24.648
	Ts(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Neógeno	
Suma Sección 19						80.164
Sección 20	Js(lm-ar)	Sedimentaria	Limolita-Arenisca	Mesozoico	Jurásico	25.813
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	1.243

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Área del proyecto
						Área (ha)
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	6.327
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	21.116
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	21.487
	Ts(B)	Ígnea extrusiva	Basalto	Cenozoico	Neógeno	4.132
Suma Sección 20						80.117
Sección 21	Ki(lm-ar)	Sedimentaria	Limolita-Arenisca	Mesozoico	Cretácico	5.171
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	35.789
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	16.921
	T(Bva)	Ígnea extrusiva	Brecha volcánica ácida	Cenozoico	Terciario	0.891
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	15.688
	Tom(Ta)	Ígnea extrusiva	Toba ácida	Cenozoico	Terciario	13.509
Suma Sección 21						87.970
Sección 22	J(lm-ar-cg)	Sedimentaria	Limolita-Arenisca-Conglomerado	Mesozoico	Jurásico	7.715
	Ki(cz)	Sedimentaria	Caliza	Mesozoico	Cretácico	3.121
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	42.816
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	5.358
	T(A)	Ígnea extrusiva	Andesita	Cenozoico	Terciario	
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	15.791
Suma Sección 22						74.801
Sección 23	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	53.558
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	15.536
Suma Sección 23						69.094
Sección 24	PE(Gn)	Metamórfica	Gneis	Precámbrico	N/A	0.039

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Clave	Clase	Tipo	Era	Sistema	Área del proyecto
						Área (ha)
	Pi(cz-ar)	Sedimentaria	Caliza-Arenisca	Paleozoico	N/D	3.544
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	37.742
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	30.448
Suma Sección 24						71.774
Sección 25	K(Gd)	Ígnea intrusiva	Granodiorita	Mesozoico	Cretácico	10.282
	PE(cz)	Sedimentaria	Caliza	Precámbrico	N/A	0.451
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	19.168
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	17.103
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	13.195
	T(Rd-Da)	Ígnea extrusiva	Riodacita-Dacita	Cenozoico	Terciario	2.596
	Tom(R-Ta)	Ígnea extrusiva	Riolita-Toba ácida	Cenozoico	Terciario	4.590
Suma Sección 25						67.386
Sección 26	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	55.129
	Q(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Cuaternario	13.851
	T(R)	Ígnea extrusiva	Riolita	Cenozoico	Terciario	1.374
Suma Sección 26						70.354
Sección 27	K(Gd)	Ígnea intrusiva	Granodiorita	Mesozoico	Cretácico	1.173
	Q(al)	N/A	Aluvial	Cenozoico	Cuaternario	67.690
	T(cg)	Sedimentaria	Conglomerado	Cenozoico	Terciario	4.413
Suma Sección 27						73.276
					Total	2,054.34

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

B.1. Fisiografía

La provincia fisiográfica es un conjunto estructural de origen geológico unitario, con morfología propia y distintiva. Por otro lado, las subprovincias fisiográficas son subregiones de una provincia fisiográfica con características distintivas.

El **AP** pertenecen a las provincias fisiográficas Sierras y Llanuras del Norte en el estado de Chihuahua; Sierra Madre Occidental y Llanura Sonorense en el estado de Sonora; en las subprovincias Sierras Plegadas del Norte, Llanuras y Médanos del Norte, Sierras y Cañadas del Norte, Sierras y Valles del Norte, y Sierras y Llanuras Sonorenses.

Figura. 31. Provincias y subprovincias fisiográficas del AP



La provincia fisiográfica Sierras y Llanuras del Norte ocupan parte de los estados de Chihuahua y Coahuila. Esta provincia enclavada en un ambiente árido y semiárido, se extiende hasta parte de los Estados Unidos de América, sus sierras bajas y abruptas quedan separadas entre sí por grandes bajadas y llanuras; son frecuentes las cuencas endorreicas o bolsones, algunos de ellos salinos, a veces con desarrollo de lagos temporales.

En esta provincia se localiza una parte de la cuenca del río Conchos, afluente del Bravo, y en su centro, el Bolsón de Mapimí. A 50 km al sur de Ciudad Juárez se encuentra uno de los campos de dunas (de arena) más extensos del país, el de Samalayuca.

Al sur de esta provincia se extiende la Laguna de Mayrán o Bolsón de Coahuila y más al sur se continúa la antigua región lacustre de los bolsones de Viesca así como una pequeña zona de dunas, la de Bilbao.

ESTUDIO DE RIESGO PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

La provincia fisiográfica Sierra Madre Occidental ocupa parte de los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Sinaloa, Nayarit y Zacatecas.

Se inicia en el área fronteriza con Arizona, Estados Unidos y termina en el río Santiago en Nayarit, en donde se conecta con el Eje Volcánico Transversal. Constituye un importante sistema montañoso, de origen ígneo, volcánico en su mayor parte; la sierra se levanta hasta los 3,000 msnm con una región escarpada orientada al occidente; hacia el oriente la sierra desciende a una región con grandes mesetas.

Las condiciones geológicas y fisiográficas tan peculiares de esta sierra han propiciado la formación de cañones profundos sobre su vertiente occidental, entre los que destaca el cañón del Cobre, labrado por el río Urique y sus afluentes.

La provincia Llanura Sonorense se tiene que la mayor parte de esta llanura se localiza en el estado de Sonora. Consta de una serie de sierras paralelas con una orientación nor-noroeste a sur-sureste, separadas entre sí por grandes bajadas y llanuras extensas, que se van ampliando hacia la costa. Los ríos Sonoyta y Concepción son intermitentes y se originan dentro de esta provincia.

Aunque la mayor parte de la cuenca del río Colorado se ubica en los Estados Unidos, forma un gran delta en su desembocadura en el Golfo de California. Al oriente de este río se localiza una extensa zona de dunas, casi desprovistas de vegetación, que llegan hasta la Sierra del Pinacate, que con sus cráteres, mesetas de lava y su gran volcán El Pinacate que alcanza los 1,600 m sobre el nivel del mar, integran una discontinuidad fisiográfica en esta provincia.

B.2. Edafología

La edafología (de edafos, “suelos”) es la ciencia que estudia la composición y naturaleza del suelo en su relación con las plantas y el entorno que le rodea. El suelo se origina a partir de la materia madre producida por los procesos químicos y mecánicos de transformación de las rocas de la superficie terrestre.

A esta materia madre se agregan el agua, los gases, sobre todo dióxido de carbono, el tiempo transcurrido, los animales y las plantas que descomponen y transforman el humus, dando por resultado una compleja mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos, el suelo alcanza su estado de madurez cuando presenta una profundidad y una secuencia de capas llamadas horizontes.

Existen diferentes sistemas de clasificación de suelo, sin embargo, para este caso se utilizó la cartografía de **INEGI**, escala 1: 250,00, a partir de la cual se obtuvieron distintos tipos de suelo en las diferentes secciones de las que se compone el **AP**. La superficie por tipo de suelo para el **AP** se muestra en la tabla siguiente.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 32. Unidades edafológicas presentes en el AP



Tabla 46. Unidades edafológicas del AP

Seccion	Tipo de suelo	Area del proyecto	
		Área (m²)	Área (ha)
Sección 01	Calcisol	81,098.19	8.11
	Cambisol	157,456.14	15.75
	Leptosol	184,567.57	18.46
	Luvisol	28,446.07	2.84
	Regosol	325,564.59	32.56
Suma Sección 01		777,132.57	77.71
Sección 02	Calcisol	193,168.01	19.32
	Cambisol	54,671.39	5.47
	Luvisol	78,515.27	7.85
	Regosol	73,319.61	7.33

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Tipo de suelo	Area del proyecto	
		Área (m²)	Área (ha)
	Solonchak	111,539.67	11.15
	Solonetz	243,474.59	24.35
Suma Sección 02		754,688.53	75.47
Sección 03	Calcisol	135,484.50	13.55
	Leptosol	190,820.67	19.08
	Regosol	407,201.67	40.72
	Solonchak	33,117.22	3.31
Suma Sección 03		766,624.07	76.66
Sección 04	Leptosol	15,239.02	1.52
	Regosol	617,808.04	61.78
	Solonchak	127,229.44	12.72
Suma Sección 04		760,276.50	76.03
Sección 05	Calcisol	467,709.52	46.77
	Leptosol	100,071.77	10.01
	Phaeozem	50,681.58	5.07
	Regosol	93,383.30	9.34
	Solonchak	119,423.67	11.94
Suma Sección 05		831,269.85	83.13
Sección 06	Calcisol	107,892.97	10.79
	Leptosol	125,975.10	12.60
	Regosol	367,006.83	36.70
	Vertisol	200,411.02	20.04
Suma Sección 06		801,285.92	80.13
Sección 07	Calcisol	16,255.69	1.63

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Tipo de suelo	Area del proyecto	
		Área (m²)	Área (ha)
	Fluvisol	23,806.29	2.38
	Leptosol	453,507.97	45.35
	Regosol	100,459.84	10.05
	Solonetz	110,711.88	11.07
	Vertisol	96,272.42	9.63
Suma Sección 07		801,014.10	80.10
Sección 08	Calcisol	138,210.03	13.82
	Cambisol	187,245.78	18.72
	Fluvisol	16,220.90	1.62
	Leptosol	264,682.22	26.47
	Regosol	184,551.21	18.46
Suma Sección 08		790,910.14	79.09
Sección 09	Calcisol	40,598.41	4.06
	Cambisol	126,769.59	12.68
	Leptosol	427,715.93	42.77
	Luvisol	21,911.75	2.19
	Phaeozem	121,237.02	12.12
	Regosol	120,081.63	12.01
	Vertisol	30,226.42	3.02
Suma Sección 09		888,540.76	88.85
Sección 10	Leptosol	161,630.10	16.16
	Phaeozem	247,834.73	24.78
	Regosol	276,980.33	27.70
Suma Sección 10		686,445.15	68.64

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Tipo de suelo	Area del proyecto	
		Área (m²)	Área (ha)
Sección 11	Leptosol	348,658.73	34.87
	Phaeozem	248,133.70	24.81
	Regosol	99,224.35	9.92
Suma Sección 11		696,016.77	69.60
Sección 12	Leptosol	784,729.02	78.47
Suma Sección 12		784,729.02	78.47
Sección 13	Calcisol	164,591.66	16.46
	Leptosol	293,696.46	29.37
	Regosol	244,415.12	24.44
Suma Sección 13		702,703.24	70.27
Sección 14	Fluvisol	28,623.32	2.86
	Leptosol	465,526.46	46.55
	Phaeozem	83,145.19	8.31
	Regosol	173,399.70	17.34
	Vertisol	28,250.25	2.83
Suma Sección 14		778,944.92	77.89
Sección 15	Leptosol	701,642.81	70.16
	Regosol	65,939.64	6.59
Suma Sección 15		767,582.45	76.76
Sección 16	Calcisol	59,573.68	5.96
	Fluvisol	9,729.74	0.97
	Leptosol	24,938.02	2.49
	Luvisol	310,996.57	31.10
	Phaeozem	125,640.30	12.56

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Tipo de suelo	Area del proyecto	
		Área (m²)	Área (ha)
	Regosol	4,903.57	0.49
Suma Sección 16		535,781.88	53.58
Sección 17	Fluvisol	127,405.07	12.74
	Leptosol	22,976.46	2.30
	Luvisol	5,624.69	0.56
	Phaeozem	326,516.48	32.65
	Regosol	386,122.86	38.61
Suma Sección 17		868,645.56	86.86
Sección 18	Leptosol	326,690.35	32.67
	Phaeozem	101,375.33	10.14
	Regosol	373,398.65	37.34
Suma Sección 18		801,464.33	80.15
Sección 19	Cambisol	71,804.47	7.18
	Fluvisol	13,784.66	1.38
	Leptosol	123,625.76	12.36
	Luvisol	65,885.44	6.59
	Phaeozem	112,904.30	11.29
	Regosol	413,632.07	41.36
Suma Sección 19		801,636.70	80.16
Sección 20	Leptosol	120,276.03	12.03
	Luvisol	329,671.63	32.97
	Phaeozem	61,666.51	6.17
	Regosol	289,557.77	28.96
Suma Sección 20		801,171.93	80.12

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Tipo de suelo	Area del proyecto	
		Área (m²)	Área (ha)
Sección 21	Calcisol	421,301.71	42.13
	Cambisol	92,033.77	9.20
	Fluvisol	41,791.76	4.18
	Phaeozem	54,014.32	5.40
	Regosol	270,558.81	27.06
Suma Sección 21		879,700.37	87.97
Sección 22	Calcisol	379,207.15	37.92
	Cambisol	181,977.53	18.20
	Fluvisol	10,270.38	1.03
	Regosol	176,556.61	17.66
Suma Sección 22		748,011.66	74.80
Sección 23	Cambisol	193,911.67	19.39
	Lixisol	370,022.70	37.00
	Regosol	127,007.39	12.70
Suma Sección 23		690,941.75	69.09
Sección 24	Calcisol	151,600.13	15.16
	Cambisol	224,423.49	22.44
	Leptosol	16,764.97	1.68
	Lixisol	200,016.19	20.00
	Regosol	124,931.02	12.49
Suma Sección 24		717,735.79	71.77
Sección 25	Calcisol	144,363.63	14.44
	Cambisol	239,096.56	23.91
	Fluvisol	16,089.81	1.61

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Tipo de suelo	Area del proyecto	
		Área (m²)	Área (ha)
	Leptosol	76,331.44	7.63
	Regosol	197,974.35	19.80
Suma Sección 25		673,855.79	67.39
Sección 26	Calcisol	361,292.46	36.13
	Fluvisol	32,296.20	3.23
	Regosol	309,953.74	31.00
Suma Sección 26		703,542.40	70.35
Sección 27	Calcisol	109,426.89	10.94
	Fluvisol	172,249.18	17.22
	Leptosol	10,506.92	1.05
	Regosol	440,576.62	44.06
Suma Sección 27		732,759.60	73.28
Suma		20,543,411.77	2,054.34

B.3. Fenómenos Geológicos

B.3.1. Fenómenos Geológicos

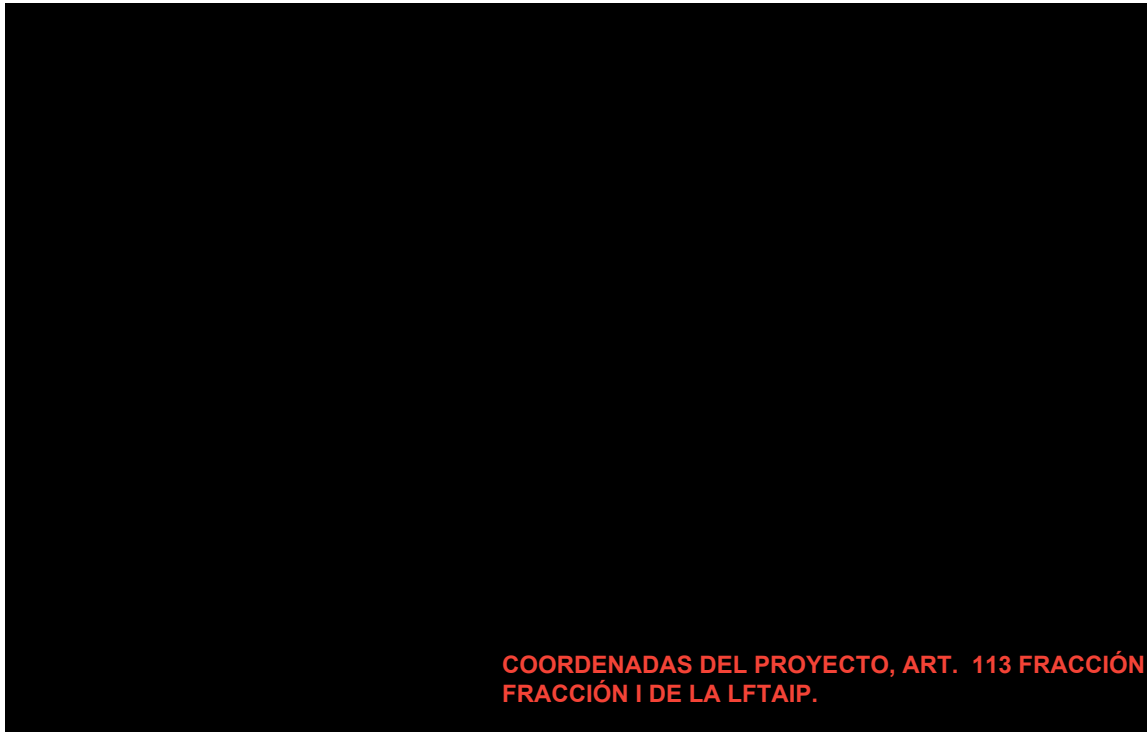
Según el diccionario de datos geológicos del **INEGI**⁴, una falla geológica es la ruptura de la roca a lo largo de la cual se produce un desplazamiento relativo entre los bloques que separa y una fractura geológica. Se refiere a las superficies discretas que segmentan o dividen en bloques a rocas y minerales en la naturaleza; estas definen superficies de baja cohesión. Son el resultado del comportamiento quebradizo de los materiales. Las fracturas pueden ser generadas por la concentración de esfuerzos en zonas de contraste composicionales (contactos de capas, cambios de facies, entre otros), por pérdida de volumen (compactación), por enfriamiento o durante una deformación contraccional o extensional.

De acuerdo con el **INEGI**, en el **AP** se localizan en el trayecto del **Proyecto** cinco fallas de tipo normal en dirección Noroeste-Sureste, siete fracturas (2 dirección Noreste-Suroeste, 1 dirección Este-Oeste y 4 dirección.

4 https://www.inegi.org.mx/geol/contenidos/reclnat/geologia/doc/dd_geologicos_alf_250k.pdf.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 33. Fallas y fracturas del AP



B.3.2. Susceptibilidad de la zona a derrumbes, deslizamientos, flujos y movimientos.

Muchos de los taludes naturales se encuentran en una condición potencialmente inestable, de manera que los movimientos y los colapsos se pueden iniciar con facilidad. Los temblores intensos junto con los procesos de erosión son causas comunes que pueden actuar en diversas formas.

Probablemente el factor más importante de todos los que pueden provocar un problema de inestabilidad de laderas naturales, sea el cambio en las condiciones de contenido de agua del subsuelo.

Esto puede ser generado por interferencia con las condiciones naturales de drenaje, evaporación excesiva de suelos que normalmente están húmedos o un incremento en el agua del subsuelo producido por lluvias excesivas.

Este último quizá sea el modo más común de afectar las condiciones del agua subterránea y es especialmente grave, porque las lluvias excesivas también incrementarán los escurrimientos superficiales que pueden provocar una erosión del material al pie de un talud e intensificar de este modo las tendencias al deslizamiento. El suelo que se presenta en la zona es difícil de separarse, lo cual no provocará deslizamiento.

Según la información del **CENAPRED** (2012), publicado por la **CONABIO** en el mapa de riesgos por deslizamiento de laderas en México, el **AP** pertenece a una región cuyo peligro por deslizamiento es muy bajo y, solo una pequeña porción al sur del **AP** tiene un peligro muy bajo a alto.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 34. Nivel de peligro por deslizamiento de laderas en el AP



B.3.3. Regionalización sísmica.

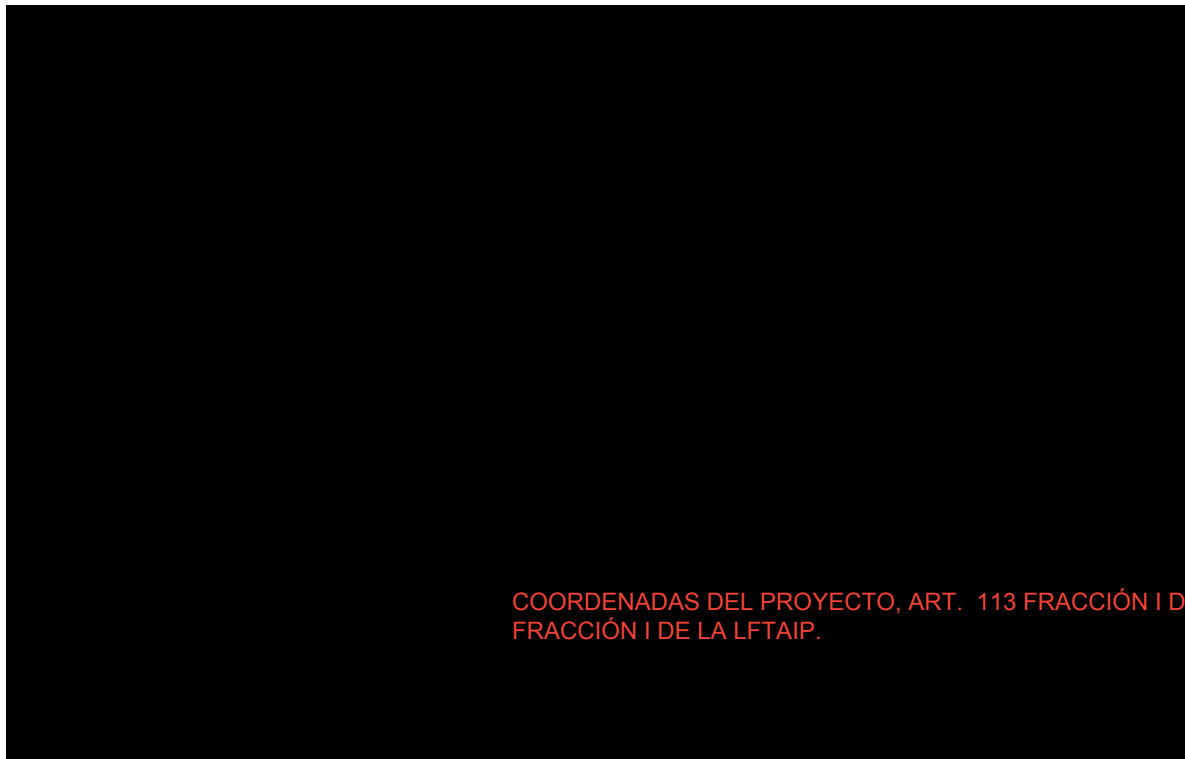
La regionalización sísmica de México es la caracterización de las cuatro zonas sísmicas del país, la cual se realizó con base en los registros históricos de grandes sismos, los catálogos de sismicidad y datos de aceleración del terreno como consecuencia de sismos de gran magnitud.

1. *Zona A, de baja sismicidad.* No presenta registros históricos por lo que no se han reportado sismos de magnitud considerable en los últimos 80 años. Aceleración menor al 10%.
2. *Zona B, de media intensidad.* Es de moderada intensidad, pero las aceleraciones no alcanzan a rebasar el 70% de la aceleración de la gravedad.
3. *Zona C, de alta intensidad.* En esta zona hay más actividad que en la zona B, aunque las aceleraciones del suelo tampoco sobrepasan el 70% de la aceleración de gravedad.
4. *Zona D.* Ha registrado con frecuencia grandes temblores y las aceleraciones del terreno que se esperan pueden ser superiores al 70% de gravedad.

De acuerdo con el mapa de regionalización sísmica de México, el **Proyecto** se ubica en el estado de Sonora se localiza en la zona sísmica clasificada en la zona “C y B”, esas zonas son de alto y medio riesgo, donde la intensidad es intermedia con sismos pocos frecuentes, en el caso del estado de Chihuahua se localiza en la Zona B y A las cuales se ubican en zonas de medio y bajo riesgo.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 35. Regionalización sísmica en el AP



B.3.4. Intensidad sísmica.

La intensidad sísmica se refiere al grado de afectación que la ocurrencia de un sismo puede tener sobre la infraestructura y las actividades humanas. Se mide a través de la escala modificada de Mercalli (Servicio Sismológico Nacional, s.f.) que se explica en la tabla siguiente.

La intensidad de un sismo en un lugar determinado se evalúa mediante la Escala Modificada de Mercalli y se asigna en función de los efectos causados en el hombre, en sus construcciones y en el terreno.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 36. Intensidad sísmica en el AP



Tabla 47. Escala de Mercalli

Intensidad	Efectos
I	No es sentido, excepto por algunas personas bajo circunstancias especialmente favorables.
II	Sentido sólo por muy pocas personas en posición de descanso, especialmente en los pisos altos de los edificios. Objetos delicadamente suspendidos pueden oscilar.
III	Sentido muy claramente en interiores, especialmente en pisos altos de los edificios, aunque mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Automóviles parados pueden balancearse ligeramente. Vibraciones como el paso de un camión. Duración apreciable.
IV	Durante el día sentido en interiores por muchos, al aire libre por algunos. Por la noche algunos despiertan. Platos, ventanas y puertas agitados; las paredes crujen. Sensación como si un camión pesado chocara contra el edificio. Automóviles parados se balancean apreciablemente.
V	Sentido por casi todos, muchos se despiertan. Algunos platos, ventanas y similares rotos; grietas en el revestimiento en algunos sitios. Objetos inestables volcados. Algunas veces se aprecia balanceo de árboles, postes y otros objetos altos. Los péndulos de los relojes pueden pararse.
VI	Sentido por todos, muchos se asustan y salen al exterior. Algún mueble pesado se mueve; algunos casos de caída de revestimientos y chimeneas dañadas. Daño leve.
VII	Todo el mundo corre al exterior. Daño insignificante en edificios de buen diseño y construcción; leve a moderado en estructuras comunes bien construidas; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; se rompen algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Intensidad	Efectos
VIII	Daño leve en estructuras diseñadas especialmente para resistir sismos; considerable, en edificios comunes bien contruidos, llegando hasta el colapso parcial; grande, en estructuras de construcción pobre. Los muros de relleno se separan de la estructura. Caída de chimeneas, objetos apilados, postes, monumentos y paredes. Muebles pesados volcados. Expulsión de arena y barro en pequeñas cantidades. Cambios en pozos de agua. Cierta dificultad para conducir automóviles.
IX	Daño considerable en estructuras de diseño especial; estructuras bien diseñadas pierden la vertical; daño mayor en edificios sólidos, colapso parcial. Edificios desplazados de los cimientos. Grietas visibles en el suelo. Tuberías subterráneas rotas.
X	Algunas estructuras bien contruidas en madera se destruyen; la mayoría de las estructuras de mampostería y marcos destruidas incluyendo sus cimientos; suelo muy agrietado
XI	Pocas o ninguna obra de albañilería quedan en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el suelo. Tuberías subterráneas completamente fuera de servicio. La tierra se hunde y el suelo se desliza en terrenos blandos. Rieles muy retorcidos.
XII	Destrucción total. Se ven ondas sobre la superficie del suelo. Líneas de mira (visuales) y de nivel deformadas. Objetos lanzados al aire.

C. Historial epidémico y endémico de enfermedades cíclicas en el área del proyecto.

En cuanto al historial epidémico en la zona de estudio, en este siglo se han presentado dos epidemias; la Influenza AH1N1 con brote en Veracruz en 2009, y el reciente Covid-19; además de zika, chikungunya y dengue.

Antes del Covid-19, se tienen registros de enfermedades de importancia, tales como la viruela, el cólera y la fiebre amarilla.

Según estudios de la Universidad Autónoma de Yucatán⁵, una de las primeras en el Nuevo Mundo fue la viruela, que en 1518 llegó a la isla La Española (actual Republica Dominicana y Haití), acabando casi en su totalidad con la población indígena; sobrevivieron, según números del Fraile Bartolomé de las Casas, un millar de nativos.

Por otro lado, indicó que la fiebre amarilla ya era conocida por la población maya desde antes de la Conquista, pero en su forma conocida como "selvática". La que atacó a los habitantes peninsulares durante el siglo XVII y originó la gran epidemia que mató a más del 50 por ciento de los habitantes, fue la transmitida por el mencionado mosquito *Aedes aegypti*, que ingresó por las costas campechanas.

El virus de la fiebre amarilla ha causado epidemias importantes en el continente americano, África y Europa. Fray Diego de Landa, en su obra Relación de las Cosas de Yucatán, escrita en 1560, refiere que la primera epidemia en la región ocurrió aproximadamente en 1483-84, descrita como la “peste”; asimismo, hubo epidemias de fiebre amarilla en 1569; 1571-1572; 1648-1650 y en 1699.

El impacto de estas epidemias, aunado otras patologías importadas por los europeos como viruela, sarampión y “tabardillo” (tifus exantemático), así como la hambruna por plagas y sequías, fue tal que para 1572 se estimaba que un tercio de la población indígena había sucumbido.

⁵<https://www.uady.mx/noticia/historia-de-las-epidemias-en-yucatan-uady>

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Otra epidemia mortal que se presentó en la zona fue el cólera morbus, considerada enfermedad endémica en India hasta 1817, cuando empezó a propagarse en diversas naciones de Asia, África y Europa, hasta llegar al continente americano. En 1833 se registró el mayor brote de cólera en la región como consecuencia de la entrada de buques trasatlánticos de Europa⁶.

La pandemia de COVID-19 que inicio en China a finales de 2019, en México se suscitó el 27 de febrero de 2020 y el primer fallecimiento por esta enfermedad en el país ocurrió el 18 de marzo de 2020.

Figura. 37. Tasas de incidencia de casos COVID-19 acumulados en México por entidad federativa⁷ a diciembre de 2022

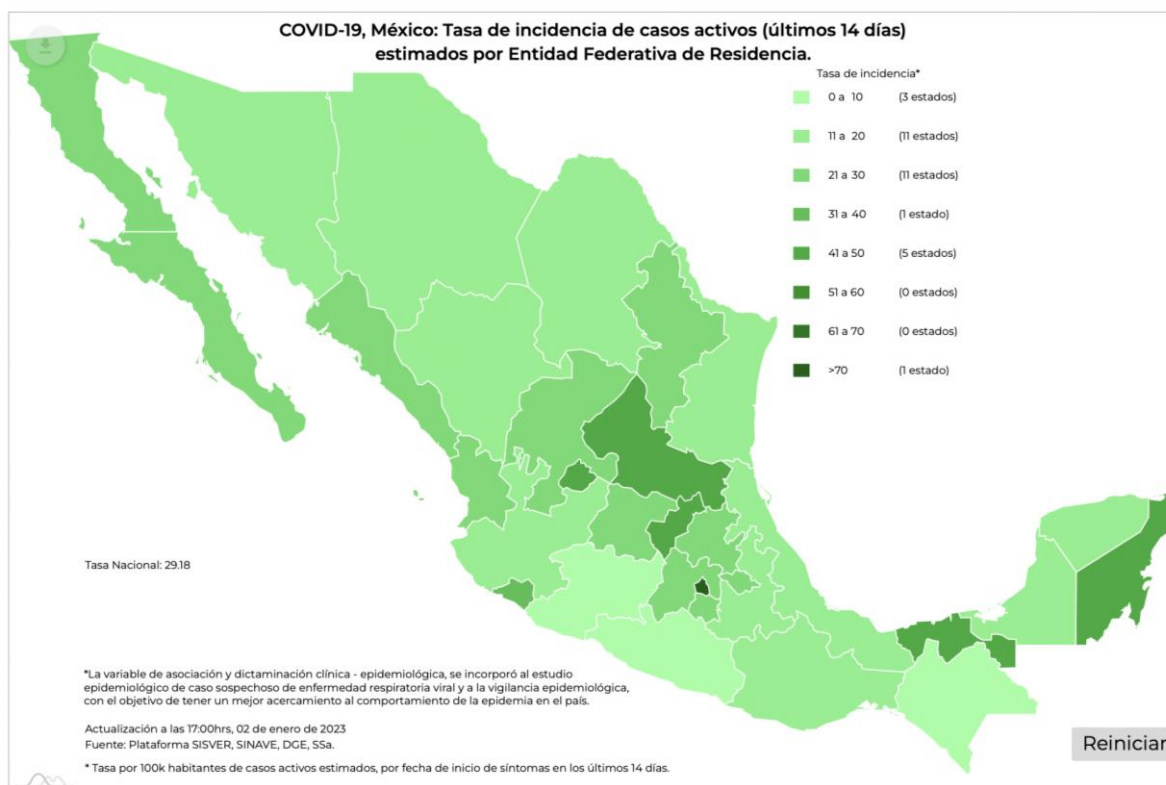


Tabla 48. Estadísticas de casos COVID en los estados de Chihuahua y Sonora a enero de 2023

Semáforo	Lugar	Confirmados	Descartados	Recuperados	Defunciones
	Chihuahua	144,607	95,662	133,844	10,040
	Sonora	99,800	0	87,027	7,202

Fuente: Secretaría de Salud del estado de Chihuahua y Sonora

⁶http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-44202016000200044

⁷ <https://covid19.sinave.gob.mx>

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

D. Zonas vulnerables entorno al área del proyecto.

D.1. Densidad Poblacional

La densidad de población es la cantidad de personas que en promedio habitan por unidad de superficie, usualmente en kilómetros cuadrados.

Para obtener el presente mapa, se recabó la información del marco geoestadístico nacional 2020 y los datos de población registrados en el Censo de Población y Viviendo 2020 ambos del INEGI, resultando lo siguiente:

Dentro del radio de 800 metros se localizaron 71 localidades rurales sin embargo 49 localidades no tienen registro en el Censo de Población y Viviendo 2020 de INEGI y las 22 localidades restantes se describe a continuación.

Tabla 49. Poblaciones registradas en INEGI dentro del radio de 800 metros

#	Clave de entidad	Clave de municipio	Clave de localidad	Nombre Localidad	Población 2020
1	08	028	0086	San Martín	3
2	08	013	0056	Sección el Oro	42
3	26	010	0002	Agua Fría	30
4	26	067	0075	El Babiso	2
5	26	006	0185	Agua Caliente (De Carrillo)	3
6	26	006	0100	El Valle	2
7	26	022	0201	El Bamori	3
8	26	022	0018	Buenavista	8
9	26	022	0059	La Pulsera (La Tuna)	1
10	26	022	0268	Murijakichi	6
11	26	022	0279	Las Trancas	2
12	26	022	0116	El Nogal	4
13	26	022	0295	El Centinela	3
14	26	058	0327	Rosalía Soto Fernández	3
15	26	058	0086	El Aguaje	5
16	26	058	0036	El Peñasco	2

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

#	Clave de entidad	Clave de municipio	Clave de localidad	Nombre Localidad	Población 2020
17	26	058	0011	La Cieneguita	11
18	26	064	0105	San Felipe	1
19	26	064	0076	Santa Rosa	1
20	26	047	0214	El Porvenir	1
21	08	023	0017	María Número Dos	2
22	08	013	0447	Los Poños	5

En el área de referencia de 800 metros tiene una superficie aproximada de 1,304,301,564.13 m², por lo tanto, no se puede calcular la densidad población, debido que son localidades rurales que no tienen superficie (polígono de la localidad) y la población registrada de las 22 localidades da un total de 140 habitantes.

Tabla 50. Proximidades y cruzamientos con zonas vulnerables de población en el entorno de la franja de 800 m a ambos lados del DDV

Sección	Zona Vulnerable	Nombre	Distancia	Dirección
Sección 21	Industria manufactureras	Almada Urrea Sa De Cv	509	SW
Sección 22	Minería	Exploraciones Mineras ParreSa	772.41	S

Tabla 51. Proximidades con carreteras franja de 800 m a ambos lados del DDV.

#	Seccion	Geografico	Numero	Administ	Tipo	Distancia (Metros)	Dirección
1	Sección 04	Carretera	45	Federal	Pavimentada	598.49	N
2	Sección 04	Carretera	45	Federal	Pavimentada	371.79	N
3	Sección 04	Carretera	45	Federal	Pavimentada	598.49	N
4	Sección 04	Carretera	N/A	N/A	Terracería	122.74	NW
5	Sección 05	Carretera	45	Federal	Pavimentada	0	N,S,E,W
6	Sección 05	Carretera	19	Estatad	Pavimentada	0	N,S,E,W
7	Sección 05	Carretera	N/A	N/A	Terracería	361.80	S
8	Sección 05	Carretera	N/A	N/A	Terracería	630.55	S

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Sección	Geografico	Numero	Administ	Tipo	Distancia (Metros)	Dirección
9	Sección 06	Carretera	N/A	N/A	Terracería	0	N,S,E,W
10	Sección 07	Carretera	N/A	N/A	Terracería	732.02	S
11	Sección 07	Carretera	141	Estatal	Pavimentada	0	N,S,E,W
12	Sección 07	Carretera	N/A	N/A	Terracería	0	N,S,E,W
13	Sección 07	Carretera	N/A	N/A	Terracería	0	N,S,E,W
14	Sección 07	Carretera	N/A	N/A	Terracería	0	N,S,E,W
15	Sección 08	Carretera	10	Federal	Pavimentada	0	N,S,E,W
16	Sección 08	Carretera	N/A	N/A	Terracería	640.10	NW
17	Sección 08	Carretera	N/A	N/A	Terracería	0	N,S,E,W
18	Sección 08	Carretera	N/A	N/A	Terracería	313.17	N
19	Sección 09	Carretera	N/A	N/A	Terracería	0	N,S,E,W
20	Sección 10	Carretera	N/A	N/A	Terracería	44.45	N
21	Sección 10	Carretera	Ninguno	Federal	Pavimentada	0	N,S,E,W
22	Sección 11	Carretera	N/A	N/A	Terracería	642.35	S
23	Sección 13	Carretera	69	Estatal	Pavimentada	0	N,S,E,W
24	Sección 14	Carretera	N/A	N/A	Terracería	0	N,S,E,W
25	Sección 15	Carretera	N/A	N/A	Terracería	43.70	N
26	Sección 16	Carretera	17	Federal	Pavimentada	259.63	NE
27	Sección 17	Carretera	17	Federal	Pavimentada	0	N,S,E,W
28	Sección 17	Carretera	N/A	N/A	Terracería	0	N,S,E,W
29	Sección 18	Carretera	118	Estatal	Pavimentada	0	N,S,E,W
30	Sección 19	Carretera	N/A	N/A	Terracería	0	N,S,E,W
31	Sección 19	Carretera	N/A	N/A	Terracería	483.46	N
32	Sección 19	Carretera	54	Estatal	Pavimentada	81.99	S
33	Sección 20	Carretera	54	Estatal	Pavimentada	0	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Seccion	Geografico	Numero	Administ	Tipo	Distancia (Metros)	Dirección
34	Sección 20	Carretera	54	Estatat	Pavimentada	296.76	SW
35	Sección 21	Carretera	15	Federal	Pavimentada	441.71	NW
36	Sección 21	Carretera	2	Federal	Pavimentada	265.42	N
37	Sección 21	Carretera	52	Estatat	Pavimentada	0	N,S,E,W
38	Sección 21	Carretera	15	Federal	Pavimentada	769.68	N
39	Sección 21	Carretera	15	Federal	Pavimentada	769.68	NW
40	Sección 21	Carretera	N/A	N/A	Terracería	0	N,S,E,W
41	Sección 21	Carretera	15	Federal	Pavimentada	0	N,S,E,W
42	Sección 22	Carretera	2	Federal	Pavimentada	416.66	N
43	Sección 27	Carretera	3	Estatat	Pavimentada	0	N,S,E,W

Tabla 52. Proximidades con caminos franja de 800 m a ambos lados del DDV

#	Geografico	Tipo	Identifica	Sección	Near_Dist	Dirección
1	Camino	Vereda	28314563	Sección 01	356.33	NW
2	Camino	Vereda	28314568	Sección 01	231.07	NW
3	Camino	Vereda	28314572	Sección 01	0.00	N,S,E,W
4	Camino	Brecha	28314578	Sección 01	0.00	N,S,E,W
5	Camino	Vereda	28314584	Sección 01	567.17	NW
6	Camino	Vereda	28314585	Sección 01	284.94	NW
7	Camino	Vereda	28314595	Sección 01	0.00	N,S,E,W
8	Camino	Brecha	28314608	Sección 01	0.00	N,S,E,W
9	Camino	Brecha	28314627	Sección 01	24.14	
10	Camino	Brecha	28314628	Sección 01	0.00	N,S,E,W
11	Camino	Brecha	28314630	Sección 01	573.21	
12	Camino	Brecha	28314631	Sección 01	0.00	N,S,E,W
13	Camino	Brecha	28314632	Sección 01	256.90	SE
14	Camino	Brecha	28314633	Sección 01	320.37	NW

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
15	Camino	Brecha	42234798	Sección 01	65.04	SW
16	Camino	Brecha	42234807	Sección 01	0.00	N,S,E,W
17	Camino	Vereda	42234808	Sección 01	0.00	N,S,E,W
18	Camino	Vereda	42234809	Sección 01	0.00	N,S,E,W
19	Camino	Brecha	42234832	Sección 01	0.00	N,S,E,W
20	Camino	Brecha	42234835	Sección 01	0.00	N,S,E,W
21	Camino	Brecha	42234836	Sección 01	0.00	N,S,E,W
22	Camino	Brecha	42234856	Sección 01	0.00	N,S,E,W
23	Camino	Vereda	42234862	Sección 01	286.31	N
24	Camino	Brecha	30206991	Sección 02	492.37	N
25	Camino	Brecha	30206997	Sección 02	0.00	N,S,E,W
26	Camino	Vereda	30207002	Sección 02	0.00	N,S,E,W
27	Camino	Vereda	30207005	Sección 02	273.35	NW
28	Camino	Brecha	30207006	Sección 02	0.00	N,S,E,W
29	Camino	Brecha	30207007	Sección 02	0.00	N,S,E,W
30	Camino	Vereda	30207013	Sección 02	461.58	NW
31	Camino	Brecha	30207014	Sección 02	710.57	NW
32	Camino	Vereda	30207021	Sección 02	0.00	N,S,E,W
33	Camino	Brecha	30207094	Sección 02	0.00	N,S,E,W
34	Camino	Brecha	30207109	Sección 02	0.00	N,S,E,W
35	Camino	Brecha	30207110	Sección 02	0.00	N,S,E,W
36	Camino	Brecha	30207117	Sección 02	508.43	SE
37	Camino	Brecha	42234797	Sección 02	0.00	N,S,E,W
38	Camino	Brecha	42234798	Sección 02	0.00	N,S,E,W
39	Camino	Brecha	42234813	Sección 02	800.00	N
40	Camino	Brecha	94903124	Sección 03	0.00	N,S,E,W
41	Camino	Vereda	94903164	Sección 03	0.00	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
42	Camino	Brecha	94903204	Sección 03	743.50	NW
43	Camino	Vereda	94903284	Sección 03	713.28	SW
44	Camino	Vereda	94903304	Sección 03	0.00	N,S,E,W
45	Camino	Vereda	94903364	Sección 03	0.00	N,S,E,W
46	Camino	Vereda	94903484	Sección 03	680.76	S
47	Camino	Vereda	94903524	Sección 03	0.00	N,S,E,W
48	Camino	Brecha	94904304	Sección 03	0.00	N,S,E,W
49	Camino	Vereda	94904544	Sección 03	0.00	N,S,E,W
50	Camino	Brecha	94904584	Sección 03	0.00	N,S,E,W
51	Camino	Brecha	94904724	Sección 03	69.39	N
52	Camino	Brecha	94904804	Sección 03	0.00	N,S,E,W
53	Camino	Brecha	94905024	Sección 03	0.00	N,S,E,W
54	Camino	Brecha	30206991	Sección 03	212.35	NW
55	Camino	Brecha	30217519	Sección 04	0.00	N,S,E,W
56	Camino	Brecha	30217434	Sección 04	158.30	N
57	Camino	Brecha	30217435	Sección 04	0.00	N,S,E,W
58	Camino	Brecha	30217436	Sección 04	461.51	S
59	Camino	Brecha	30217440	Sección 04	622.22	S
60	Camino	Vereda	46840507	Sección 04	0.00	N,S,E,W
61	Camino	Brecha	46840660	Sección 04	0.00	N,S,E,W
62	Camino	Brecha	46840661	Sección 04	0.00	N,S,E,W
63	Camino	Brecha	46840667	Sección 04	0.00	N,S,E,W
64	Camino	Brecha	46840669	Sección 04	0.00	N,S,E,W
65	Camino	Brecha	46840671	Sección 04	609.41	S
66	Camino	Brecha	46840710	Sección 04	0.00	N,S,E,W
67	Camino	Brecha	46840711	Sección 04	0.00	N,S,E,W
68	Camino	Vereda	46840713	Sección 04	0.00	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
69	Camino	Vereda	46840730	Sección 04	521.51	S
70	Camino	Vereda	46840752	Sección 04	799.76	SW
71	Camino	Vereda	46840753	Sección 04	581.34	S
72	Camino	Brecha	94903584	Sección 04	633.33	N
73	Camino	Brecha	94904444	Sección 04	59.57	N
74	Camino	Brecha	94904724	Sección 04	0.00	N,S,E,W
75	Camino	Vereda	46840508	Sección 05	0.00	N,S,E,W
76	Camino	Brecha	46840517	Sección 05	779.75	N
77	Camino	Brecha	46840634	Sección 05	0.00	N,S,E,W
78	Camino	Vereda	46840730	Sección 05	665.46	S
79	Camino	Vereda	46840766	Sección 05	4.08	N
80	Camino	Brecha	46833652	Sección 05	0.00	N,S,E,W
81	Camino	Brecha	46833653	Sección 05	284.49	S
82	Camino	Brecha	46833722	Sección 05	778.37	S
83	Camino	Brecha	46833724	Sección 05	0.00	N,S,E,W
84	Camino	Vereda	46833725	Sección 05	107.68	S
85	Camino	Vereda	46833732	Sección 05	0.00	N,S,E,W
86	Camino	Vereda	46833743	Sección 05	0.00	N,S,E,W
87	Camino	Brecha	46833753	Sección 05	0.00	N,S,E,W
88	Camino	Brecha	46833755	Sección 05	0.00	N,S,E,W
89	Camino	Vereda	46833765	Sección 05	42.03	N
90	Camino	Vereda	46833772	Sección 05	0.00	N,S,E,W
91	Camino	Brecha	46833773	Sección 05	0.00	N,S,E,W
92	Camino	Brecha	46833785	Sección 05	0.00	N,S,E,W
93	Camino	Brecha	46833819	Sección 05	0.00	N,S,E,W
94	Camino	Brecha	46833823	Sección 05	725.69	N
95	Camino	Brecha	47364521	Sección 06	0.00	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
96	Camino	Brecha	47364526	Sección 06	0.00	N,S,E,W
97	Camino	Brecha	47364527	Sección 06	0.00	N,S,E,W
98	Camino	Vereda	47364528	Sección 06	0.00	N,S,E,W
99	Camino	Vereda	47364530	Sección 06	0.00	N,S,E,W
100	Camino	Brecha	47364537	Sección 06	798.38	N
101	Camino	Brecha	47364576	Sección 06	569.84	N
102	Camino	Brecha	47364579	Sección 06	243.11	NW
103	Camino	Vereda	47364580	Sección 06	0.00	N,S,E,W
104	Camino	Vereda	46833757	Sección 06	463.79	S
105	Camino	Vereda	46833759	Sección 06	0.00	N,S,E,W
106	Camino	Brecha	46833760	Sección 06	0.00	N,S,E,W
107	Camino	Brecha	46833764	Sección 06	0.00	N,S,E,W
108	Camino	Brecha	46833792	Sección 06	0.00	N,S,E,W
109	Camino	Brecha	46833795	Sección 06	627.71	S
110	Camino	Brecha	46833810	Sección 06	662.12	N
111	Camino	Vereda	46833840	Sección 06	613.18	NW
112	Camino	Vereda	47364522	Sección 07	0.00	N,S,E,W
113	Camino	Vereda	47364523	Sección 07	0.00	N,S,E,W
114	Camino	Brecha	47364537	Sección 07	0.00	N,S,E,W
115	Camino	Vereda	47364539	Sección 07	85.87	S
116	Camino	Brecha	47364545	Sección 07	579.17	S
117	Camino	Vereda	47364577	Sección 07	0.00	N,S,E,W
118	Camino	Brecha	95159384	Sección 07	0.00	N,S,E,W
119	Camino	Brecha	95159644	Sección 07	0.00	N,S,E,W
120	Camino	Brecha	95160924	Sección 07	236.29	N
121	Camino	Brecha	95161024	Sección 07	0.00	N,S,E,W
122	Camino	Brecha	95161224	Sección 07	20.16	N

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
123	Camino	Brecha	95161404	Sección 07	0.00	N,S,E,W
124	Camino	Vereda	95161424	Sección 07	20.16	N
125	Camino	Brecha	95162304	Sección 07	639.29	N
126	Camino	Brecha	95162364	Sección 07	763.47	N
127	Camino	Brecha	95162684	Sección 07	259.57	S
128	Camino	Brecha	95159324	Sección 08	0.00	N,S,E,W
129	Camino	Brecha	95159444	Sección 08	0.00	N,S,E,W
130	Camino	Brecha	95161464	Sección 08	234.68	N
131	Camino	Vereda	95161524	Sección 08	448.33	N
132	Camino	Brecha	95162304	Sección 08	691.91	N
133	Camino	Brecha	95162664	Sección 08	387.82	S
134	Camino	Brecha	95162764	Sección 08	0.00	N,S,E,W
135	Camino	Vereda	95089084	Sección 08	701.10	N
136	Camino	Vereda	95089104	Sección 08	422.09	NW
137	Camino	Brecha	95090244	Sección 08	363.73	S
138	Camino	Brecha	95090444	Sección 08	455.53	S
139	Camino	Vereda	95090964	Sección 08	0.00	N,S,E,W
140	Camino	Vereda	95091724	Sección 08	127.81	S
141	Camino	Vereda	95092104	Sección 08	582.76	N
142	Camino	Vereda	95092124	Sección 08	0.00	N,S,E,W
143	Camino	Vereda	95092684	Sección 08	0.00	N,S,E,W
144	Camino	Vereda	95092724	Sección 08	783.09	N
145	Camino	Brecha	95094804	Sección 08	719.44	S
146	Camino	Brecha	48198940	Sección 09	678.35	S
147	Camino	Brecha	48198943	Sección 09	294.38	S
148	Camino	Brecha	48198944	Sección 09	0.00	N,S,E,W
149	Camino	Brecha	48198950	Sección 09	0.00	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
150	Camino	Brecha	48198981	Sección 09	0.00	N,S,E,W
151	Camino	Brecha	48198984	Sección 09	8.55	S
152	Camino	Brecha	48198989	Sección 09	724.77	NW
153	Camino	Brecha	48198990	Sección 09	0.00	N,S,E,W
154	Camino	Vereda	48199071	Sección 09	0.00	N,S,E,W
155	Camino	Brecha	48199081	Sección 09	0.00	N,S,E,W
156	Camino	Brecha	48199082	Sección 09	322.29	SW
157	Camino	Vereda	95090944	Sección 09	218.17	NW
158	Camino	Vereda	95094844	Sección 09	0.00	N,S,E,W
159	Camino	Brecha	47598092	Sección 09	0.00	N,S,E,W
160	Camino	Brecha	47598107	Sección 09	530.35	N
161	Camino	Brecha	47598115	Sección 09	268.07	S
162	Camino	Vereda	47598119	Sección 09	0.00	N,S,E,W
163	Camino	Vereda	47598136	Sección 09	0.00	N,S,E,W
164	Camino	Vereda	47598160	Sección 09	734.57	S
165	Camino	Vereda	47598163	Sección 09	0.00	N,S,E,W
166	Camino	Brecha	47597950	Sección 10	702.21	N
167	Camino	Vereda	47597953	Sección 10	0.00	N,S,E,W
168	Camino	Brecha	47597954	Sección 10	0.00	N,S,E,W
169	Camino	Vereda	47597955	Sección 10	0.00	N,S,E,W
170	Camino	Vereda	47597956	Sección 10	312.12	N
171	Camino	Vereda	47598040	Sección 10	564.01	S
172	Camino	Vereda	47598041	Sección 10	0.00	N,S,E,W
173	Camino	Vereda	47598042	Sección 10	677.66	N
174	Camino	Brecha	47598048	Sección 10	0.00	N,S,E,W
175	Camino	Vereda	47598050	Sección 10	0.00	N,S,E,W
176	Camino	Brecha	47598056	Sección 10	399.81	N

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
177	Camino	Brecha	47598057	Sección 10	0.00	N,S,E,W
178	Camino	Brecha	47598076	Sección 10	0.00	N,S,E,W
179	Camino	Vereda	47598095	Sección 10	409.10	S
180	Camino	Vereda	47598119	Sección 10	48.62	S
181	Camino	Vereda	47598121	Sección 10	0.00	N,S,E,W
182	Camino	Vereda	47598125	Sección 10	0.00	N,S,E,W
183	Camino	Vereda	47598130	Sección 10	331.65	S
184	Camino	Brecha	47598134	Sección 10	96.56	N
185	Camino	Vereda	47598141	Sección 10	357.43	N
186	Camino	Vereda	47598154	Sección 10	63.32	S
187	Camino	Vereda	47598158	Sección 10	0.00	N,S,E,W
188	Camino	Brecha	47041626	Sección 11	0.00	N,S,E,W
189	Camino	Brecha	47041629	Sección 11	317.05	S
190	Camino	Brecha	47041630	Sección 11	0.00	N,S,E,W
191	Camino	Vereda	47041671	Sección 11	0.00	N,S,E,W
192	Camino	Vereda	47041672	Sección 11	0.00	N,S,E,W
193	Camino	Brecha	47041680	Sección 11	0.00	N,S,E,W
194	Camino	Brecha	47041693	Sección 11	0.00	N,S,E,W
195	Camino	Brecha	47041729	Sección 11	689.87	S
196	Camino	Brecha	47598134	Sección 11	0.00	N,S,E,W
197	Camino	Brecha	47598144	Sección 11	396.27	S
198	Camino	Vereda	47598161	Sección 11	0.00	N,S,E,W
199	Camino	Brecha	47041688	Sección 12	755.34	N
200	Camino	Brecha	47041718	Sección 12	0.00	N,S,E,W
201	Camino	Brecha	47041719	Sección 12	472.97	N
202	Camino	Vereda	47487217	Sección 12	447.58	S
203	Camino	Vereda	47487261	Sección 12	482.88	S

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
204	Camino	Brecha	47487272	Sección 12	0.00	N,S,E,W
205	Camino	Vereda	47487273	Sección 12	0.00	N,S,E,W
206	Camino	Vereda	47487323	Sección 12	299.07	S
207	Camino	Brecha	47487336	Sección 12	143.25	NW
208	Camino	Brecha	47785263	Sección 13	0.00	N,S,E,W
209	Camino	Brecha	47785264	Sección 13	206.30	N
210	Camino	Brecha	47785286	Sección 13	388.09	N
211	Camino	Brecha	47785334	Sección 13	179.43	N
212	Camino	Brecha	47785368	Sección 13	0.00	N,S,E,W
213	Camino	Brecha	47785374	Sección 13	0.00	N,S,E,W
214	Camino	Brecha	47487260	Sección 13	0.00	N,S,E,W
215	Camino	Brecha	47487276	Sección 13	0.00	N,S,E,W
216	Camino	Brecha	47487282	Sección 13	465.49	S
217	Camino	Brecha	47487283	Sección 13	628.57	S
218	Camino	Brecha	47487287	Sección 13	437.01	N
219	Camino	Brecha	47487288	Sección 13	388.31	N
220	Camino	Brecha	47487289	Sección 13	0.00	N,S,E,W
221	Camino	Brecha	47487316	Sección 13	104.06	S
222	Camino	Brecha	47769779	Sección 14	0.00	N,S,E,W
223	Camino	Brecha	47769780	Sección 14	0.00	N,S,E,W
224	Camino	Brecha	47769783	Sección 14	0.00	N,S,E,W
225	Camino	Brecha	47769784	Sección 14	623.54	N
226	Camino	Brecha	47777596	Sección 14	0.00	N,S,E,W
227	Camino	Brecha	47785269	Sección 14	5.37	N
228	Camino	Brecha	47785284	Sección 14	485.15	S
229	Camino	Brecha	47785285	Sección 14	213.43	S
230	Camino	Brecha	47785287	Sección 14	0.00	N,S,E,W

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
231	Camino	Brecha	47785288	Sección 14	0.00	N,S,E,W
232	Camino	Vereda	47785340	Sección 14	0.00	N,S,E,W
233	Camino	Brecha	47785365	Sección 14	0.00	N,S,E,W
234	Camino	Brecha	47785368	Sección 14	55.07	N
235	Camino	Brecha	47785371	Sección 14	0.00	N,S,E,W
236	Camino	Brecha	47777564	Sección 15	0.00	N,S,E,W
237	Camino	Brecha	47777567	Sección 15	0.00	N,S,E,W
238	Camino	Brecha	47777570	Sección 15	0.00	N,S,E,W
239	Camino	Brecha	47777591	Sección 15	0.00	N,S,E,W
240	Camino	Brecha	47777592	Sección 15	0.00	N,S,E,W
241	Camino	Brecha	47777599	Sección 15	158.40	NW
242	Camino	Brecha	47777601	Sección 15	168.96	NW
243	Camino	Brecha	47777602	Sección 15	542.88	S
244	Camino	Brecha	47777605	Sección 15	243.67	SE
245	Camino	Brecha	47777685	Sección 15	631.03	SE
246	Camino	Brecha	84712444	Sección 16	0.00	N,S,E,W
247	Camino	Brecha	84712464	Sección 16	176.91	S
248	Camino	Brecha	84712564	Sección 16	0.00	N,S,E,W
249	Camino	Brecha	84713684	Sección 16	730.77	S
250	Camino	Brecha	84714064	Sección 16	0.00	N,S,E,W
251	Camino	Brecha	47777568	Sección 16	0.00	N,S,E,W
252	Camino	Brecha	47777570	Sección 16	32.67	N,S
253	Camino	Brecha	47777580	Sección 16	59.07	S
254	Camino	Brecha	47777582	Sección 16	94.88	S
255	Camino	Brecha	47777583	Sección 16	141.73	S
256	Camino	Brecha	47777584	Sección 16	19.07	N
257	Camino	Brecha	47777613	Sección 16	0.00	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
258	Camino	Brecha	44750718	Sección 17	0.00	N,S,E,W
259	Camino	Brecha	44750720	Sección 17	0.00	N,S,E,W
260	Camino	Brecha	46590602	Sección 17	579.63	N
261	Camino	Brecha	46590603	Sección 17	68.81	N
262	Camino	Brecha	84712384	Sección 17	0.00	N,S,E,W
263	Camino	Brecha	84713164	Sección 17	0.00	N,S,E,W
264	Camino	Brecha	84713704	Sección 17	0.00	N,S,E,W
265	Camino	Brecha	84713864	Sección 17	0.00	N,S,E,W
266	Camino	Brecha	84713884	Sección 17	363.30	N
267	Camino	Brecha	84713984	Sección 17	0.00	N,S,E,W
268	Camino	Brecha	84714044	Sección 17	757.67	N
269	Camino	Brecha	84714064	Sección 17	682.52	SE
270	Camino	Brecha	84715004	Sección 17	0.00	N,S,E,W
271	Camino	Brecha	84715044	Sección 17	88.16	S
272	Camino	Brecha	84715064	Sección 17	0.00	N,S,E,W
273	Camino	Brecha	84715084	Sección 17	505.85	N
274	Camino	Brecha	44742913	Sección 18	0.00	N,S,E,W
275	Camino	Brecha	44750699	Sección 18	223.06	N
276	Camino	Brecha	44750703	Sección 18	0.00	N,S,E,W
277	Camino	Brecha	44750704	Sección 18	0.00	N,S,E,W
278	Camino	Brecha	44750707	Sección 18	434.43	N
279	Camino	Brecha	44750708	Sección 18	277.50	NE
280	Camino	Brecha	44750709	Sección 18	0.00	N,S,E,W
281	Camino	Brecha	44750710	Sección 18	0.00	N,S,E,W
282	Camino	Brecha	44750712	Sección 18	0.00	N,S,E,W
283	Camino	Brecha	44750713	Sección 18	0.00	N,S,E,W
284	Camino	Brecha	44750729	Sección 18	0.00	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
285	Camino	Brecha	44742733	Sección 19	514.14	S
286	Camino	Brecha	44742736	Sección 19	0.00	N,S,E,W
287	Camino	Brecha	44742861	Sección 19	0.00	N,S,E,W
288	Camino	Brecha	44742863	Sección 19	0.00	N,S,E,W
289	Camino	Brecha	44742865	Sección 19	0.00	N,S,E,W
290	Camino	Brecha	44742873	Sección 19	0.00	N,S,E,W
291	Camino	Brecha	44742876	Sección 19	0.00	N,S,E,W
292	Camino	Brecha	44742912	Sección 19	0.00	N,S,E,W
293	Camino	Brecha	44742913	Sección 19	42.17	N
294	Camino	Brecha	44742921	Sección 19	35.50	N
295	Camino	Brecha	44742928	Sección 19	597.26	N
296	Camino	Brecha	44742929	Sección 19	479.62	N
297	Camino	Brecha	44742938	Sección 19	489.82	N
298	Camino	Brecha	44742939	Sección 19	315.31	N
299	Camino	Brecha	44742940	Sección 19	740.89	S
300	Camino	Brecha	44742995	Sección 19	0.00	N,S,E,W
301	Camino	Brecha	44742996	Sección 19	0.00	N,S,E,W
302	Camino	Brecha	44742998	Sección 19	287.82	S
303	Camino	Brecha	44742999	Sección 19	429.62	N
304	Camino	Brecha	44743000	Sección 19	0.00	N,S,E,W
305	Camino	Brecha	44743006	Sección 19	141.64	S
306	Camino	Brecha	44736295	Sección 20	0.00	N,S,E,W
307	Camino	Vereda	44736496	Sección 20	0.00	N,S,E,W
308	Camino	Vereda	44736497	Sección 20	437.25	N
309	Camino	Vereda	44736498	Sección 20	0.00	N,S,E,W
310	Camino	Vereda	44736499	Sección 20	0.00	N,S,E,W
311	Camino	Vereda	44736511	Sección 20	0.00	N,S,E,W

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
312	Camino	Vereda	44736514	Sección 20	517.11	SW
313	Camino	Vereda	44736517	Sección 20	457.75	NE
314	Camino	Vereda	44736521	Sección 20	0.00	N,S,E,W
315	Camino	Brecha	44736540	Sección 20	690.59	N
316	Camino	Brecha	44736543	Sección 20	0.00	N,S,E,W
317	Camino	Brecha	44736573	Sección 20	102.41	S
318	Camino	Brecha	44736584	Sección 20	0.00	N,S,E,W
319	Camino	Brecha	44736590	Sección 20	665.92	N
320	Camino	Brecha	44736596	Sección 20	230.85	N
321	Camino	Brecha	44736601	Sección 20	0.00	N,S,E,W
322	Camino	Brecha	44736620	Sección 20	337.30	S
323	Camino	Brecha	44736621	Sección 20	500.62	S
324	Camino	Brecha	44736623	Sección 20	296.50	N
325	Camino	Brecha	44736624	Sección 20	366.49	N
326	Camino	Brecha	44736626	Sección 20	134.88	S
327	Camino	Brecha	44736627	Sección 20	236.93	SW
328	Camino	Brecha	44736632	Sección 20	0.00	N,S,E,W
329	Camino	Brecha	44736638	Sección 20	208.84	SE
330	Camino	Brecha	44736642	Sección 20	462.98	S
331	Camino	Brecha	44736647	Sección 20	0.00	N,S,E,W
332	Camino	Brecha	44736656	Sección 20	0.00	N,S,E,W
333	Camino	Brecha	44736663	Sección 20	613.31	N
334	Camino	Brecha	44736679	Sección 20	191.54	N
335	Camino	Brecha	44736682	Sección 20	0.00	N,S,E,W
336	Camino	Brecha	44736693	Sección 20	565.09	N
337	Camino	Brecha	44742979	Sección 20	206.35	SE
338	Camino	Vereda	39595409	Sección 21	0.00	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
339	Camino	Brecha	39595551	Sección 21	0.00	N,S,E,W
340	Camino	Brecha	39595565	Sección 21	0.00	N,S,E,W
341	Camino	Brecha	39595575	Sección 21	428.40	N
342	Camino	Brecha	39595576	Sección 21	0.00	N,S,E,W
343	Camino	Brecha	39595591	Sección 21	687.62	E
344	Camino	Brecha	39595592	Sección 21	0.00	N,S,E,W
345	Camino	Brecha	39595597	Sección 21	398.61	W
346	Camino	Brecha	39595615	Sección 21	0.00	N,S,E,W
347	Camino	Brecha	39595616	Sección 21	0.00	N,S,E,W
348	Camino	Brecha	39595638	Sección 21	755.20	N
349	Camino	Brecha	39595639	Sección 21	609.54	S
350	Camino	Brecha	39595690	Sección 21	144.49	N
351	Camino	Brecha	40582245	Sección 21	0.00	N,S,E,W
352	Camino	Brecha	40582255	Sección 21	0.00	N,S,E,W
353	Camino	Brecha	40582257	Sección 21	102.14	S
354	Camino	Brecha	40582264	Sección 21	0.00	N,S,E,W
355	Camino	Brecha	40582265	Sección 21	505.10	S
356	Camino	Brecha	40582266	Sección 21	496.59	S
357	Camino	Brecha	40582267	Sección 21	750.84	S
358	Camino	Brecha	40582328	Sección 21	748.68	S
359	Camino	Brecha	40582333	Sección 21	0.00	N,S,E,W
360	Camino	Brecha	40582335	Sección 21	212.36	E
361	Camino	Brecha	40582336	Sección 21	0.00	N,S,E,W
362	Camino	Brecha	40582337	Sección 21	0.00	N,S,E,W
363	Camino	Brecha	40582340	Sección 21	0.00	N,S,E,W
364	Camino	Brecha	40582376	Sección 21	0.00	N,S,E,W
365	Camino	Brecha	40582478	Sección 21	0.00	N,S,E,W

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
366	Camino	Brecha	40582481	Sección 21	451.80	SW
367	Camino	Brecha	40582488	Sección 21	727.37	SW
368	Camino	Brecha	44736295	Sección 21	735.98	S
369	Camino	Vereda	44736298	Sección 21	0.00	N,S,E,W
370	Camino	Vereda	44736481	Sección 21	690.04	S
371	Camino	Brecha	44736527	Sección 21	79.57	NE
372	Camino	Brecha	44736544	Sección 21	0.00	N,S,E,W
373	Camino	Brecha	44736700	Sección 21	718.41	NE
374	Camino	Brecha	44736701	Sección 21	219.79	NE
375	Camino	Brecha	44736702	Sección 21	556.24	SW
376	Camino	Brecha	44736703	Sección 21	0.00	N,S,E,W
377	Camino	Vereda	39595493	Sección 22	0.00	N,S,E,W
378	Camino	Vereda	39595525	Sección 22	117.03	W
379	Camino	Brecha	39595567	Sección 22	0.00	N,S,E,W
380	Camino	Brecha	39595589	Sección 22	0.00	N,S,E,W
381	Camino	Brecha	39595590	Sección 22	0.00	N,S,E,W
382	Camino	Brecha	39595591	Sección 22	0.00	N,S,E,W
383	Camino	Brecha	43947450	Sección 22	82.00	W
384	Camino	Brecha	43947621	Sección 22	0.00	N,S,E,W
385	Camino	Brecha	43947628	Sección 22	0.00	N,S,E,W
386	Camino	Brecha	43947638	Sección 22	108.68	S
387	Camino	Brecha	43947641	Sección 22	0.00	N,S,E,W
388	Camino	Brecha	43947643	Sección 22	0.00	N,S,E,W
389	Camino	Brecha	43947696	Sección 22	780.44	W
390	Camino	Brecha	40582247	Sección 22	0.00	N,S,E,W
391	Camino	Brecha	40582269	Sección 22	0.00	N,S,E,W
392	Camino	Brecha	40582270	Sección 22	0.00	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
393	Camino	Brecha	40582276	Sección 22	321.90	W
394	Camino	Brecha	40582287	Sección 22	373.72	W
395	Camino	Brecha	40582289	Sección 22	571.43	W
396	Camino	Brecha	40582290	Sección 22	0.00	N,S,E,W
397	Camino	Brecha	40582291	Sección 22	0.00	N,S,E,W
398	Camino	Brecha	40582490	Sección 22	0.00	N,S,E,W
399	Camino	Brecha	82421604	Sección 23	190.04	N
400	Camino	Brecha	82422544	Sección 23	0.00	N,S,E,W
401	Camino	Brecha	82422564	Sección 23	0.00	N,S,E,W
402	Camino	Brecha	82422584	Sección 23	607.65	S
403	Camino	Brecha	82422644	Sección 23	222.02	N
404	Camino	Brecha	82422664	Sección 23	112.14	N
405	Camino	Brecha	82422684	Sección 23	332.79	S
406	Camino	Brecha	82422704	Sección 23	645.10	S
407	Camino	Brecha	82422824	Sección 23	195.79	S
408	Camino	Brecha	43947636	Sección 23	0.00	N,S,E,W
409	Camino	Brecha	43947637	Sección 23	0.00	N,S,E,W
410	Camino	Brecha	43947638	Sección 23	0.00	N,S,E,W
411	Camino	Brecha	43947640	Sección 23	425.42	N
412	Camino	Brecha	43947645	Sección 23	0.00	N,S,E,W
413	Camino	Brecha	43947646	Sección 23	0.00	N,S,E,W
414	Camino	Brecha	43947650	Sección 23	0.00	N,S,E,W
415	Camino	Brecha	43947651	Sección 23	241.84	S
416	Camino	Brecha	43947659	Sección 23	446.53	S
417	Camino	Brecha	43947691	Sección 23	751.46	N
418	Camino	Brecha	43947695	Sección 23	0.00	N,S,E,W
419	Camino	Brecha	43947700	Sección 23	0.00	N,S,E,W

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
420	Camino	Brecha	82421604	Sección 24	0.00	N,S,E,W
421	Camino	Brecha	82422644	Sección 24	0.00	N,S,E,W
422	Camino	Brecha	82422804	Sección 24	0.00	N,S,E,W
423	Camino	Brecha	82422824	Sección 24	0.00	N,S,E,W
424	Camino	Brecha	82422844	Sección 24	0.00	N,S,E,W
425	Camino	Brecha	82422924	Sección 24	0.00	N,S,E,W
426	Camino	Brecha	82422984	Sección 24	301.57	E
427	Camino	Brecha	82423004	Sección 24	472.21	E
428	Camino	Brecha	82423104	Sección 24	0.00	N,S,E,W
429	Camino	Brecha	82423184	Sección 24	236.83	W
430	Camino	Brecha	82424104	Sección 24	180.73	E
431	Camino	Brecha	45465805	Sección 24	47.41	E
432	Camino	Brecha	45465812	Sección 24	138.22	W
433	Camino	Brecha	45465900	Sección 24	0.00	N,S,E,W
434	Camino	Brecha	45465901	Sección 24	285.74	W
435	Camino	Brecha	45465903	Sección 24	560.71	W
436	Camino	Brecha	45465909	Sección 24	0.00	N,S,E,W
437	Camino	Brecha	45465919	Sección 24	0.00	N,S,E,W
438	Camino	Vereda	82533684	Sección 25	0.00	N,S,E,W
439	Camino	Brecha	82533944	Sección 25	0.00	N,S,E,W
440	Camino	Brecha	82533964	Sección 25	0.00	N,S,E,W
441	Camino	Brecha	82534224	Sección 25	11.22	N
442	Camino	Brecha	82534764	Sección 25	0.00	N,S,E,W
443	Camino	Brecha	82534924	Sección 25	0.00	N,S,E,W
444	Camino	Brecha	82534944	Sección 25	0.00	N,S,E,W
445	Camino	Brecha	82534984	Sección 25	0.00	N,S,E,W
446	Camino	Brecha	45465803	Sección 25	0.00	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
447	Camino	Brecha	45465805	Sección 25	0.00	N,S,E,W
448	Camino	Brecha	45465901	Sección 25	160.85	W
449	Camino	Brecha	45465951	Sección 25	0.00	N,S,E,W
450	Camino	Brecha	45465953	Sección 25	0.00	N,S,E,W
451	Camino	Brecha	45465954	Sección 25	0.00	N,S,E,W
452	Camino	Brecha	45465955	Sección 25	579.21	W
453	Camino	Brecha	45465978	Sección 25	0.00	N,S,E,W
454	Camino	Brecha	45470232	Sección 25	201.30	S
455	Camino	Brecha	45470233	Sección 25	442.44	S
456	Camino	Brecha	45470263	Sección 25	0.00	N,S,E,W
457	Camino	Brecha	82534704	Sección 26	312.99	N
458	Camino	Brecha	82534724	Sección 26	657.45	N
459	Camino	Brecha	82534904	Sección 26	160.77	N
460	Camino	Brecha	46045769	Sección 26	747.64	N
461	Camino	Brecha	46045778	Sección 26	423.52	N
462	Camino	Brecha	46045779	Sección 26	233.91	N
463	Camino	Brecha	46045782	Sección 26	310.77	N
464	Camino	Brecha	46045796	Sección 26	47.16	N
465	Camino	Brecha	46045797	Sección 26	0.00	N,S,E,W
466	Camino	Brecha	45470169	Sección 26	0.00	N,S,E,W
467	Camino	Brecha	45470170	Sección 26	102.26	S
468	Camino	Brecha	45470171	Sección 26	340.88	S
469	Camino	Brecha	45470172	Sección 26	0.00	N,S,E,W
470	Camino	Brecha	45470174	Sección 26	774.75	N
471	Camino	Brecha	45470175	Sección 26	0.00	N,S,E,W
472	Camino	Brecha	45470176	Sección 26	684.01	N
473	Camino	Brecha	45470177	Sección 26	0.00	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	Geografico	Tipo	Identifica	Seccion	Near_Dist	Dirección
474	Camino	Brecha	45470178	Sección 26	0.00	N,S,E,W
475	Camino	Brecha	45470218	Sección 26	0.00	N,S,E,W
476	Camino	Brecha	45470255	Sección 26	0.00	N,S,E,W
477	Camino	Brecha	45470260	Sección 26	0.00	N,S,E,W
478	Camino	Brecha	45470263	Sección 26	19.98	N
479	Camino	Brecha	45470264	Sección 26	158.95	N
480	Camino	Brecha	45470266	Sección 26	432.45	S
481	Camino	Brecha	45470273	Sección 26	384.18	N
482	Camino	Brecha	46045769	Sección 27	318.38	N
483	Camino	Brecha	46045770	Sección 27	607.32	N
484	Camino	Vereda	46045771	Sección 27	0.00	N,S,E,W
485	Camino	Brecha	46045772	Sección 27	370.79	W
486	Camino	Brecha	46045773	Sección 27	0.00	N,S,E,W
487	Camino	Vereda	46045774	Sección 27	31.26	NW
488	Camino	Brecha	46045775	Sección 27	0.00	N,S,E,W
489	Camino	Brecha	46045776	Sección 27	0.00	N,S,E,W
490	Camino	Vereda	46045777	Sección 27	759.02	N
491	Camino	Brecha	46045779	Sección 27	352.89	N
492	Camino	Vereda	46045795	Sección 27	661.14	S
493	Camino	Vereda	46045799	Sección 27	0.00	N,S,E,W
494	Camino	Brecha	46045806	Sección 27	152.36	W
495	Camino	Brecha	46045810	Sección 27	0.00	N,S,E,W
496	Camino	Brecha	46045819	Sección 27	0.00	N,S,E,W
497	Camino	Brecha	46045820	Sección 27	600.74	W
498	Camino	Brecha	46045821	Sección 27	398.37	W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 53. Proximidades con líneas de transmisión franja de 800 m a ambos lados del DDV

No.	Seccion	Geográfico	Condicion	Distancia (metros)	Dirección
1	Sección 04	Línea de Transmisión	En Operación	444.6	N
2	Sección 04	Línea de Transmisión	En Operación	444.6	N
3	Sección 05	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
4	Sección 05	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
5	Sección 05	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
6	Sección 05	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
7	Sección 05	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
8	Sección 05	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
9	Sección 07	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
10	Sección 08	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
11	Sección 08	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
12	Sección 13	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
13	Sección 14	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
14	Sección 15	Línea de Transmisión	En Operación	768.4	N
15	Sección 16	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
16	Sección 16	Línea de Transmisión	En Operación	165.9	NE
18	Sección 17	Línea de Transmisión	En Operación	288.9	SW
19	Sección 17	Línea de Transmisión	En Operación	409.6	S
20	Sección 17	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
21	Sección 17	Línea de Transmisión	En Operación	322.4	N
22	Sección 17	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
23	Sección 17	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
24	Sección 18	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
25	Sección 20	Línea de Transmisión	En Operación	226.4	S
26	Sección 20	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
27	Sección 20	Línea de Transmisión	En Operación	685.6	S

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Sección	Geográfico	Condición	Distancia (metros)	Dirección
28	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	160.9	N
29	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
30	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	427.3	N
31	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
32	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
33	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	522.8	E
34	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	423.4	N
35	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
36	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
37	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	512.8	S
38	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	49.9	S
39	Sección 21	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
40	Sección 22	Línea de Transmisión	En Operación	303.7	N
41	Sección 22	Línea de Transmisión	En Operación	53.0	N
42	Sección 22	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
43	Sección 22	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
44	Sección 22	Línea de Transmisión	En Operación	48.1	N
45	Sección 23	Línea de Transmisión	En Operación	220.1	S
46	Sección 24	Línea de Transmisión	En Operación	0.0	N,S,E,W
47	Sección 26	Línea de Transmisión	En Operación	747.3	N
48	Sección 27	Línea de Transmisión	En Operación	292.8	N

Tabla 54. Proximidades con líneas de transmisión franja de 800 m a ambos lados del DDV

#	sección	Geográfico	Condición	Distancia (m)	Dirección
1	sección 23	vía férrea	en operación	0	N,S,E,W
2	sección 22	vía férrea	en operación	0	N,S,E,W
3	sección 21	vía férrea	en operación	0	N,S,E,W

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

#	sección	Geográfico	Condición	Distancia (m)	Dirección
4	sección 09	vía férrea	fuera de uso	0	N,S,E,W
5	sección 05	vía férrea	en operación	0	N,S,E,W
6	sección 04	vía férrea	en operación	0	N,S,E,W
7	sección 21	vía férrea	en operación	369.68	NW

Tabla 55. Uso de suelo (sobre el DDV)

Seccion	Uso de suelo y vegetación	Dirección
Sección 01	Bosque De Galería	SE
Sección 01	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 01	Matorral Desértico Rosetófilo	N, S
Sección 01	Pastizal Inducido	N, SE
Sección 01	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Galería	N, SE
Sección 02	Agricultura De Riego Anual	N,S
Sección 02	Matorral Desértico Micrófilo	N, S, E y W
Sección 02	Pastizal Halófilo	N,S y SW
Sección 03	Agricultura De Riego Anual	N
Sección 03	Matorral Desértico Micrófilo	N,S, E y W
Sección 03	Pastizal Halófilo	N,S
Sección 03	Pastizal Inducido	N
Sección 03	Vegetación Secundaria Arbustiva De Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 03	Vegetación Secundaria Arbustiva De Pastizal Natural	N, S
Sección 04	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 04	Pastizal Halófilo	N, S
Sección 04	Pastizal Inducido	N
Sección 04	Pastizal Natural	N, S
Sección 04	Vegetación Secundaria Arbustiva De Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 04	Vegetación Secundaria Arbustiva De Pastizal Natural	N, S y E

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Uso de suelo y vegetación	Dirección
Sección 05	Agricultura De Riego Anual	S
Sección 05	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 05	Pastizal Inducido	N, S
Sección 05	Vegetación Halófila Xerófila	N, S
Sección 05	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Mezquite	N, S
Sección 05	Vegetación Secundaria Arbustiva De Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 05	Vegetación Secundaria Arbustiva De Pastizal Natural	N, E
Sección 06	Agricultura De Riego Anual	N, S
Sección 06	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 06	Pastizal Halófilo	N, S
Sección 06	Vegetación Secundaria Arbustiva De Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 06	Vegetación Secundaria Arbustiva De Pastizal Natural	N, S
Sección 07	Agricultura De Riego Anual	N, S
Sección 07	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 07	Pastizal Halófilo	N, S
Sección 07	Pastizal Natural	N, S
Sección 07	Vegetación De Galería	N
Sección 07	Vegetación Halófila Xerófila	N, S
Sección 08	Agricultura De Riego Anual	S
Sección 08	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 08	Pastizal Halófilo	N, S
Sección 08	Pastizal Inducido	N, S
Sección 08	Pastizal Natural	N, S
Sección 08	Vegetación De Galería	N
Sección 08	Vegetación Halófila Xerófila	N, S
Sección 08	Vegetación Secundaria Arbustiva De Mezquital Xerófilo	N, S

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Uso de suelo y vegetación	Dirección
Sección 08	Vegetación Secundaria Arbustiva De Pastizal Natural	N, S
Sección 09	Agricultura De Riego Anual Y Semipermanente	N, S
Sección 09	Bosque De Encino	S
Sección 09	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 09	Pastizal Natural	N, S
Sección 09	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Encino	W
Sección 09	Vegetación Secundaria Arbustiva De Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 09	Vegetación Secundaria Arbustiva De Pastizal Natural	N, S
Sección 10	Agricultura De Temporal Anual	S,E
Sección 10	Bosque De Encino	N, S
Sección 10	Bosque De Encino-Pino	N, S
Sección 10	Bosque De Pino-Encino	N
Sección 10	Pastizal Natural	N, S
Sección 11	Agricultura De Temporal Anual	S
Sección 11	Bosque De Encino	N, S
Sección 11	Bosque De Encino-Pino	N, S
Sección 11	Bosque De Pino-Encino	N, S y E
Sección 11	Pastizal Inducido	N, S
Sección 12	Bosque De Encino	N, S
Sección 12	Bosque De Encino-Pino	N
Sección 12	Bosque De Pino-Encino	N, S
Sección 12	Pastizal Natural	N, S
Sección 13	Bosque De Encino	N, S
Sección 13	Bosque De Pino-Encino	N, S
Sección 13	Bosque De Táscate	N, S
Sección 13	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 13	Pastizal Natural	N, S y E

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Sección	Uso de suelo y vegetación	Dirección
Sección 13	Vegetación De Galería	N, S
Sección 14	Bosque De Mezquite	E
Sección 14	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 14	Pastizal Natural	N, S
Sección 15	Bosque De Encino	N, S y E
Sección 15	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 15	Pastizal Natural	N, S
Sección 16	Agricultura De Riego Anual Y Semipermanente	N, S
Sección 16	Agricultura De Temporal Anual	N, S
Sección 16	Bosque De Encino	N
Sección 16	Bosque De Encino-Pino	S
Sección 16	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 16	Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 16	Pastizal Natural	N, S
Sección 16	Vegetación De Galería	N
Sección 16	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Encino	N, S
Sección 17	Agricultura De Riego Anual Y Semipermanente	N, S
Sección 17	Bosque De Encino	N, S
Sección 17	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 17	Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 17	Pastizal Cultivado	N, S
Sección 17	Pastizal Natural	N, S y E
Sección 18	Agricultura De Riego Anual	N, S
Sección 18	Bosque De Encino	N, S
Sección 18	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 18	Pastizal Inducido	N, S
Sección 18	Pastizal Natural	N,S y E

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección	Uso de suelo y vegetación	Dirección
Sección 19	Agricultura De Riego Anual	N
Sección 19	Bosque De Encino	N, S
Sección 19	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 19	Matorral Sarcocaulé	N, S
Sección 19	Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 19	Pastizal Inducido	N, S
Sección 19	Pastizal Natural	N, S
Sección 19	Vegetación De Galería	S
Sección 19	Vegetación Secundaria Arbustiva De Bosque De Encino	N, S
Sección 20	Agricultura De Riego Anual Y Semipermanente	N, S
Sección 20	Bosque De Encino	N, S
Sección 20	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 20	Matorral Sarcocaulé	N, S
Sección 20	Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 20	Pastizal Cultivado	N, S
Sección 20	Pastizal Inducido	N, S
Sección 20	Pastizal Natural	N, S
Sección 20	Vegetación Secundaria Arbustiva De Pastizal Natural	N, S
Sección 21	Agricultura De Riego Anual	N, S
Sección 21	Agricultura De Temporal Anual	N, S
Sección 21	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 21	Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 21	Pastizal Cultivado	N, S
Sección 21	Pastizal Inducido	N, S
Sección 21	Vegetación De Galería	N, S
Sección 21	Vegetación Secundaria Arbustiva De Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 22	Agricultura De Riego Anual	N, S

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Seccion	Uso de suelo y vegetación	Dirección
Sección 22	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 22	Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 22	Pastizal Cultivado	N, S
Sección 22	Pastizal Inducido	N, S
Sección 22	Vegetación Secundaria Arbustiva De Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 23	Agricultura De Riego Anual	N, S
Sección 23	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 23	Matorral Sarcocaula	N, S
Sección 23	Pastizal Cultivado	N, S
Sección 23	Sin Vegetación Aparente	N, S
Sección 23	Vegetación Secundaria Arbustiva De Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 23	Vegetación Secundaria Arbustiva De Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 24	Desprovisto De Vegetación	N, S
Sección 24	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 24	Matorral Sarcocaula	N, S
Sección 24	Pastizal Cultivado	N, S
Sección 24	Vegetación Secundaria Arbustiva De Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 25	Matorral Desértico Micrófilo	N y E
Sección 25	Matorral Sarcocaula	N, S
Sección 25	Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 25	Pastizal Inducido	N, S
Sección 26	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 26	Matorral Sarcocaula	N, S
Sección 26	Mezquital Xerófilo	N, S y E
Sección 27	Matorral Desértico Micrófilo	N, S
Sección 27	Matorral Sarcocaula	N, S

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Seccion	Uso de suelo y vegetación	Dirección
Sección 27	Mezquital Xerófilo	N, S
Sección 27	Vegetación Halófila Xerófila	N, S

IV. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS

IV.1. Análisis Preliminar de Peligros

El análisis preliminar de peligros (PHA) es un análisis semi cuantitativo que se realiza para:

- Identificar todos los peligros potenciales y eventos accidentales que pueden conducir a un accidente.
- Clasificar los eventos accidentales identificados según su gravedad.
- Identificar los controles de peligro requeridos y las acciones de seguimiento.

Se utilizan varias variantes de PHA y, a veces, con diferentes nombres, tales como:

- Clasificación rápida de riesgos
- Identificación de peligros (**HAZID**)

El PHA considera:

- Componentes peligrosos

A. Metodología Hazid (Hazard Identification)

El **HAZID** es una herramienta que nos permite identificar peligros laborales dentro y fuera de una instalación. Esta herramienta nos permite estudiar los riesgos desde el inicio de un diseño o construcción, de tal manera que nos permita reducir y evitarlos con tiempo antes de que se conviertan en riesgos potenciales y causar gastos fuera de lo planificado. Es de suma importancia contar con la información de la infraestructura donde se aplica el **HAZID**, el clima y datos geográficos puesto que estos suelen ser el origen de peligros externos.

Los resultados obtenidos y los peligros que sean identificados nos permitirán cumplir con los requisitos en materia de Seguridad e Higiene y Medio Ambiente. Esta técnica hace uso de la experiencia y habilidades de un grupo multidisciplinario que evaluara los peligros o problemas operacionales que puedan llegar a su citarse a futuro.

Las premisas para el estado actual del sistema de transporte de gas natural nos permiten contemplar el uso de alguno de los dos tipos de **HAZID**; Conceptual y/o Detallado.

HAZID Conceptual: este estudio es llevado a cabo al inicio del proyecto donde se describe y analiza factores tales como presupuesto, accesibilidad al sitio, planificación de procesos, poblaciones y medios bióticos etc. de la ubicación donde se encuentra la instalación. La información disponible en esta etapa es mínima pero es de suma importancia contar con los siguientes documentos para una mejor identificación de riesgos:

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Costos y cotizaciones de inversión: estos documentos nos serán de gran aporte para ver las limitaciones del proyecto y con esto los recursos que se contarán para la ingeniería, construcción y puesta en marcha de la instalación, la falta de activos con lleva a tomar actitudes no profesionales e indicios de riesgos.
- Planes de Desarrollo de campo.
- Legislación aplicable.
- Regulaciones ambientales.
- Estándares de la Compañía de relevante aplicación
- Política operativa de la compañía
- Conocimientos del Plan de respuesta emergencia que será de ayuda para poder tener orientación y conocimiento de las rutas de evacuación en caso de emergencia, así mismo los cronogramas deberán ser estudiados para garantizar la seguridad del área y el personal involucrado en este. Información detallada del Diseño, tecnología e instrumentos requeridos por la empresa a implementar: es de suma importancia pues con la ayuda de estos documentos se cumplirá con las normas establecidas al momento de empezar la construcción del diseño por ejemplo sistemas de seguridad, paneles antiexplosivos, de acero inoxidable, PLC de control de proceso, etc

Conocimiento de Normas establecidas en la construcción de instalaciones industriales que manejen sustancias altamente riesgosas lo cual es indispensable y urgente el cumplimiento de actividades de la instalación y su ejecución en orden para reducir los riesgos de accidente que afectaran a los trabajadores.

HAZID Detallado: es aplicado una vez que el proyecto ya ha comenzado, aquí se toma como referencia los riesgos y parámetros que existen en este actualmente. Durante las sesiones se busca considerar los factores externos que pueden afectar la instalación tales como seguridad, medio ambiente y entorno en el que se encuentra esta al momento de desarrollar operaciones, mantenimiento o ejecutar un proceso. Los documentos que se consideran relevantes para el desarrollo del **HAZID** detallado son:

- Diagrama de flujo.
- Balances de masa para cada diseño opcional.
- Planos de la planta.
- Descripción de los procesos incluyendo todas las operaciones proyectadas.
- Descripción del proyecto, incluyendo todas las opciones, problemas de ciclo de vida y flexibilidad planificada de la planta.
- Estrategias de seguridad: análisis para garantizar la estabilidad de las estrategias, evaluaciones y medidas de seguridad aplicadas, pues una debilidad en ellas afectara a las desarrolladas actualmente poniendo en riesgos al personal involucrado.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Sistemas de seguridad pasivos y activos que serán contemplados en la instalación.

En ambos tipos de estudios **HAZID** el resultado esperado es encontrar las modificaciones y mejoras de operación, construcción, diseño que sean necesarias para administrar los riesgos. En el desarrollo del análisis **HAZID** conceptual y detallado para el sistema de compresión y distribución, el equipo de especialistas en conjunto, realizó un listado potencial de las actividades y sus consecuencias para crear peligros que puedan surgir, así como mencionar las salvaguardas con las que se cuenta y que protegen contra la actividad analizada. Los posibles factores de peligros normalmente usados fueron: condiciones ambientales del sitio, diseños menores a los requeridos en la ingeniería, incumplimientos normativos, impacto social internos y externos de la empresa, desviaciones fuera de operación normal del proceso, condiciones o riesgos adyacentes a la instalación.

El método del estudio es una combinación de la identificación y análisis de los riesgos contemplados en las conclusiones arribadas luego de un torbellino de ideas. El “**HAZID**” se divide en cuatro secciones principales:

- Sección 1: Riesgos Externos y Ambientales
- Sección 2: Riesgos de la Instalación
- Sección 3: Riesgos a la Salud
- Sección 4: Problemas de Implementación del Proyecto

Sin embargo, pueden utilizarse otros parámetros, según convenga al analista o grupo de trabajo. Una vez que cada una de las situaciones de peligro fue identificada en las reuniones, el Facilitador o Líder **HAZID** recomendará al equipo de trabajo mejorar las problemáticas encontradas principalmente en los rubros de:

- Inadecuada protección de seguridad,
- Diseños de ingeniería,
- Diseño constructivo o incumplimiento normativo,

Usualmente se recomendó tomar algunas acciones dirigidas a reducir el riesgo por severidad de la desviación potencial identificada, asegurando que estos peligros identificados fueran debidamente entendidos por todos los miembros del grupo multidisciplinario para lograr una adecuada administración de peligros con unas recomendaciones factibles para el cliente.

B. Determinación de los niveles de riesgo

El proceso para determinar Niveles de Riesgos es el siguiente:

- ¿Si sale mal, cuán serio será? (consecuencia).
- Cuál es la probabilidad de que salga mal? (probabilidad).

El Nivel de Riesgo es una combinación de estos dos criterios.

$$\text{Riesgo} = \text{Frecuencia} \times \text{Consecuencia}$$

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

B.1. Consecuencias

Al analizar las consecuencias, deben entrar en consideración los siguientes factores, establecidos en la tabla siguiente.

Tabla 56. Determinación de la consecuencia

Categoría	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a las instalaciones (USD)
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	> 500'000,000	> 500'000,000
5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana.	>50'000,000 a 500'000,000	>50'000,000 a 500'000,000
4 (Grave)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar incapacidad permanente o una fatalidad.	Lesiones o daños físicos mayores que generen de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	>5'000,000 a 50'000,000	>5'000,000 a 50'000,000
3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar una incapacidad.	Ruidos olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	>500,000 a 5'000,000	>500,000 a 5'000,000
2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<50,000	<50,000

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

B.2. Frecuencia

Al juzgar la frecuencia, (posibilidad de que algo salga mal) se deben considerar los factores en la tabla siguiente de rangos de frecuencias/año que debe ser considerada en función al daño hipotético.

Tabla 57. Categorías de frecuencias

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/año
F6	Muy frecuente	Ocorre una o más veces en un año.	≥ 1.0 ($\geq 1 \times 100$)
F5	Frecuente	Ocorre una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años.	>0.2 a ≤ 1.0 ($>2 \times 10^{-1}$ a $\leq 1 \times 100$)
F4	Poco Frecuente	Ocorre una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10	>0.1 a ≤ 0.2 ($>1 \times 10^{-1}$ a $\leq 2 \times 10^{-1}$)
F3	Raro	Ocorre una o más veces en un periodo mayor a 10 años.	>0.01 a ≤ 0.1 ($>1 \times 10^{-2}$ a $\leq 1 \times 10^{-1}$)
F2	Muy Raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la instalación.	>0.001 a ≤ 0.01 ($>1 \times 10^{-3}$ a $\leq 1 \times 10^{-2}$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	>0.0001 a ≤ 0.001 ($>1 \times 10^{-4}$ a $\leq 1 \times 10^{-3}$)

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI

La combinación de frecuencia y consecuencias genera una matriz de riesgos, en donde se indica el riesgo potencial del evento en cuestión, en función del receptor del peligro o daño (al personal, a la población, al ambiente, a la producción o a la instalación).

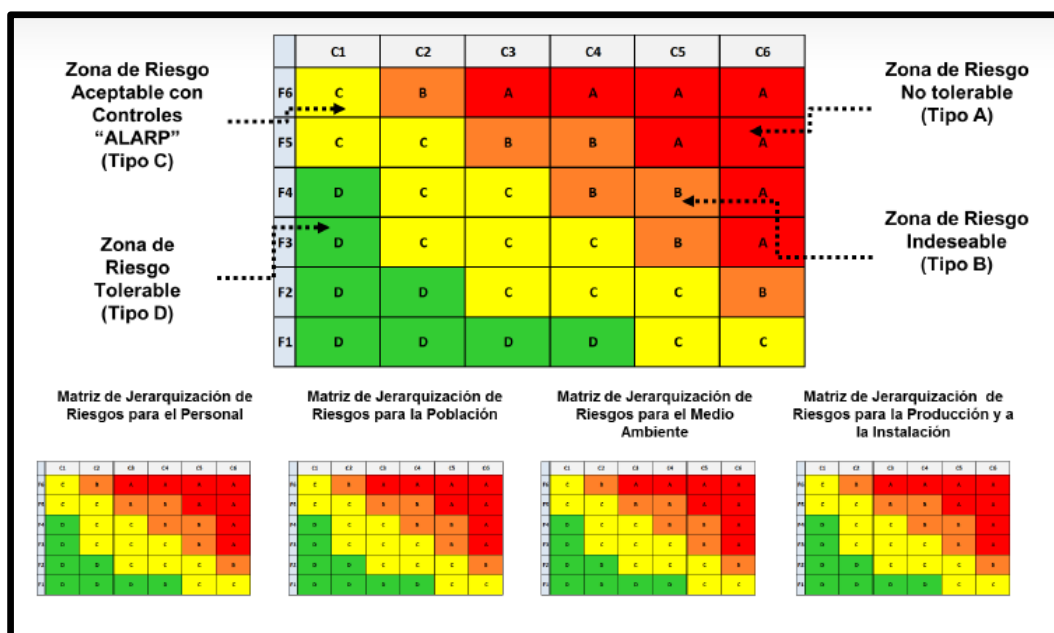
El nivel de riesgo para cada uno de los factores antes mencionados se muestra a continuación, se califican los riesgos identificados con base a sus características de frecuencia de ocurrencia y severidad de las consecuencias, para posteriormente determinar su ubicación de las matrices de Riesgo mencionadas en la guía **“Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgos de Proceso PEMEX-SASIPA-SI”**.

Para determinar el índice de riesgo analizado se utilizan las calificaciones asignadas al índice de frecuencia y a la consecuencia utilizando la tabla del rango del índice de riesgo, que se muestra en la figura siguiente, así como también se muestra cada una de las matrices de las categorías de las consecuencias a evaluar.

Para determinar el índice de riesgo analizado se utilizan las calificaciones asignadas al índice de frecuencia y a la consecuencia utilizando la figura siguiente del rango del índice de riesgo.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 38. Matriz de jerarquización de riesgo



De acuerdo con el grado de riesgo resultante de la aplicación de las matrices se decide si el riesgo estimado se encuentran en la región de Riesgo No Tolerable, Riesgo Indeseable, Riesgo Aceptable con Controles y la Región de Riesgo Tolerable con la cual se asignará la prioridad de las acciones recomendadas.

Los riesgos se clasifican como:

- **Región de Riesgo No Tolerable (Tipo A):** El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes. Un riesgo Tipo "A" representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos si se requiere continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporal y permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a Tipo "C".
- **Riesgo Indeseable (Tipo "B"):** El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas permanentes. Un riesgo Tipo "B" representa una situación de riesgo indeseable y deben establecerse Controles Permanentes Inmediatos. Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo "C" y en el mejor de los casos, hasta riesgo Tipo "D".
- **Región Aceptable con Controles (Tipo C):** El riesgo es significativo, pero se puede gestionar con controles administrativos. Un riesgo Tipo "C" representa una situación de riesgo Aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos, deben darse en un plazo no mayor a 180 días. La administración de un riesgo Tipo "C" debe enfocarse en la Disciplina Operativa y en la Confiabilidad de las diferentes Capas de Seguridad y/o Sistemas de Protección. La prioridad de una atención para reducirlos a riesgos tipo "D", debe estar en función de un Análisis Costo Beneficio de las acciones correctivas y

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

preventivas establecidas para dar atención a las recomendaciones emitidas para Administrar los Riesgos identificados.

- **Riesgo Tolerable (Tipo D):** El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo Tipo “D” representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

C. Hojas de trabajo Hazid

Se presentan en el **Anexo_ER_13_Hojas de trabajo del HAZID** para el análisis preliminar de peligros.

D. Resultados del análisis Hazid

Aplicando la metodología descrita, se realizó la categorización por nivel de riesgo para cada categoría y cada peligro, en la tabla 56 se muestran las categorías por desviación, como resultado de la aplicación de las matrices y criterios descritos anteriormente.

Tabla 58. Resultados de grados de peligros por categoría o actividad

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
1.1.- Impacto Social	1.1.- Bloqueo de las instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRyC) por parte de la población aledaña.	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	1	3	D (Aceptable)
		IA	3	1	3	D (Aceptable)
		DIP	3	1	3	D (Aceptable)
	1.2. Falta de información a la población de las actividades STGN.	DP	4	1	4	D (Aceptable)
		EP	4	1	4	D (Aceptable)
		IA	4	1	4	D (Aceptable)
		DIP	4	1	4	D (Aceptable)
	1.3. Falta de recursos de apoyo externo con autoridades en materia de protección civil.	DP	4	1	4	D (Aceptable)
		EP	4	1	4	D (Aceptable)
		IA	4	1	4	D (Aceptable)
		DIP	4	1	4	D (Aceptable)
	1.4. Bloqueo a las instalaciones por demandas sociales o de	DP	6	1	6	C (Indeseable)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
	seguridad por parte de las ONG de la defensa de los derechos humanos de las poblaciones en los municipios de la trayectoria del gasoducto.	EP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		IA	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	6	1	6	C (Indeseable)
	1.5. Delincuencia organizada que afecte al personal operativo.	DP	6	1	6	C (Indeseable)
		EP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		IA	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	6	1	6	C (Indeseable)
	1.6. Inconformidad del personal operativo del STGN.	DP	1	1	1	D (Aceptable)
		EP	1	1	1	D (Aceptable)
		IA	1	1	1	D (Aceptable)
		DIP	1	1	1	D (Aceptable)
2. Aspectos Ambientales	2.1. Incendio entorno al DDV del gasoducto o fuera del polígono de las instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRYC).	DP	3	2	6	C (Aceptable con controles)
		EP	3	2	6	C (Aceptable con controles)
		IA	3	2	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	3	2	6	C (Aceptable con controles)
	2.2. Lluvias Torrenciales que afecten en la trayectoria del STGN.	DP	4	1	4	D (Aceptable)
		EP	4	1	4	D (Aceptable)
		IA	4	1	4	D (Aceptable)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
		DIP	4	1	4	D (Aceptable)
	2.3. Fuertes Vientos	DP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		EP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		IA	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		DIP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
	2.4 Temperaturas extremas	DP	4	3	12	C (Aceptable con controles)
		EP	4	3	12	C (Aceptable con controles)
		IA	4	3	12	C (Aceptable con controles)
		DIP	4	3	12	C (Aceptable con controles)
	2.5. Alta humedad en el ambiente	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	1	3	D (Aceptable)
		IA	3	1	3	D (Aceptable)
		DIP	3	1	3	D (Aceptable)
	2.6. Niebla	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	1	3	D (Aceptable)
		IA	3	1	3	D (Aceptable)
		DIP	3	1	3	D (Aceptable)
	2.7. Sismo de intensidad mayor a 6.0 grados escala de Richter	DP	6	1	6	C (Aceptable con controles)

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
		EP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		IA	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
	2.8. Tormentas eléctricas	DP	4	1	4	D (Aceptable)
		EP	4	1	4	D (Aceptable)
		IA	4	1	4	D (Aceptable)
		DIP	4	1	4	D (Aceptable)
	2.9. Ciclones y huracanes	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	1	3	D (Aceptable)
		IA	3	1	3	D (Aceptable)
		DIP	3	1	3	D (Aceptable)
	2.10. Hundimientos, derrumbes y fracturas	DP	4	1	4	D (Aceptable)
		EP	4	1	4	D (Aceptable)
		IA	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		DIP	4	3	12	C (Aceptable con controles)
	2.11. Fauna nociva	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	1	3	D (Aceptable)
		IA	3	1	3	D (Aceptable)
		DIP	3	1	3	D (Aceptable)
	2.12. Inundación	DP	1	1	4	D (Aceptable)
		EP	1	1	4	D (Aceptable)
		IA	1	1	4	D (Aceptable)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
		DIP	1	1	4	D (Aceptable)
3. Impacto del STGN al entorno	3.1. Operación de los compresores en las estaciones CS1 a CS4.	DP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		EP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		IA	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
	3.2. Manejo inadecuado de residuos sólidos urbanos, de manejo especial o peligrosos.	DP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		EP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		IA	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		DIP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
4. Interacción con las vías de comunicación	4.1. Afectación a las vías generales de comunicación por un evento no deseado de fuga de GN con posibilidad de incendio y explosión.	DP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		EP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		IA	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
5. Proximidad con centros de población	5.1.- Siniestro dentro del DDV del gasoducto de 48" y de las instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRYC) que afecten a	DP	1	4	4	D (Aceptable)
		EP	1	4	4	D (Aceptable)
		IA	1	4	4	D (Aceptable)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
	los centros de población por incendio o explosión.	DIP	1	4	4	D (Aceptable)
6. Proximidad o cruces con otros gasoductos existentes	6. 1. Afectación de los gasoductos existentes Fermaca o Carso por eventos no deseados de fuga con posibilidad de incendio o explosión.	DP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		EP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		IA	1	6	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	1	6	6	C (Aceptable con controles)
7. Seguridad física	7.1.- Sabotaje o terrorismo	DP	4	4	16	C (Aceptable con controles)
		EP	4	3	12	C (Aceptable con controles)
		IA	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		DIP	4	4	16	B (Indeseable)
8. Ingeniería, diseño de los equipos y lineamientos constructivos de la instalación.	8.1. Bloqueo de rutas y pasillos de las áreas de trabajo.	DP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		EP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		IA	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
	8.2. Falta de señalización de seguridad e información en el área de trabajo.	DP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
		EP	5	2	10	C (Aceptable con controles)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
		IA	5	2	10	C (Aceptable con controles)
		DIP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
	8.3.- Falta de identificación de los equipos de operación (TAG)	DP	4	1	8	D (Aceptable)
		EP	4	1	8	D (Aceptable)
		IA	4	1	8	D (Aceptable)
		DIP	4	1	8	D (Aceptable)
	8.4. Falta de identificación de señalización de tuberías y recipientes	DP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		EP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		IA	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		DIP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
	8.5. Falta de condiciones seguras en áreas cerradas de la instalación.	DP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		EP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		IA	6	1	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	6	1	6	C (Aceptable con controles)
	8.6. Riesgo eléctrico	DP	2	3	6	C (Aceptable con controles)
		EP	2	3	6	C (Aceptable con controles)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
		IA	2	3	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	2	3	6	C (Aceptable con controles)
9. Coordinación de trabajos entre las diferentes empresas (proveedor-empresas especializadas-usuarios)	9.1. Falta de comunicación	DP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		EP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		IA	4	2	8	C (Aceptable con controles)
		DIP	4	2	8	C (Aceptable con controles)
10. Diseño de los equipos y sistemas de seguridad	10.1. Área sin protección	DP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
		EP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
		IA	5	1	10	C (Aceptable con controles)
		DIP	5	2	10	C (Aceptable con controles)
	10.2. Menor al requerido por la normatividad	DP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		EP	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		IA	5	1	5	C (Aceptable con controles)
		DIP	5	1	5	C (Aceptable con controles)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Categoría o actividad	Peligros	MR	FR	C	Nivel de Riesgo	Grado de peligro analizado
11. Trabajos rutinarios de mantenimiento e inspección en el STGN	11.1. Operación inadecuada	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	3	9	C (Aceptable con controles)
		IA	3	3	9	C (Aceptable con controles)
		DIP	3	2	6	C (Aceptable con controles)
12. Trabajos especiales de mantenimiento e inspección en el STGN por contratistas	12.1. Operación inadecuada	DP	3	1	3	D (Aceptable)
		EP	3	1	3	D (Aceptable)
		IA	3	2	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	3	1	3	D (Aceptable)
13. Trabajos por terceros en el DDV en los cruces del gasoducto de 48" que afecten la integridad física.	13.1. Daños, ruptura o fracturas al gasoducto de 48" por el uso de maquinaria pesada en el DDV con los cruces de infraestructura.	DP	3	4	12	C (Aceptable con controles)
		EP	3	1	3	D (Aceptable)
		IA	3	2	6	C (Aceptable con controles)
		DIP	3	4	12	C (Aceptable con controles)

E. Análisis de los resultados de la evaluación Hazid

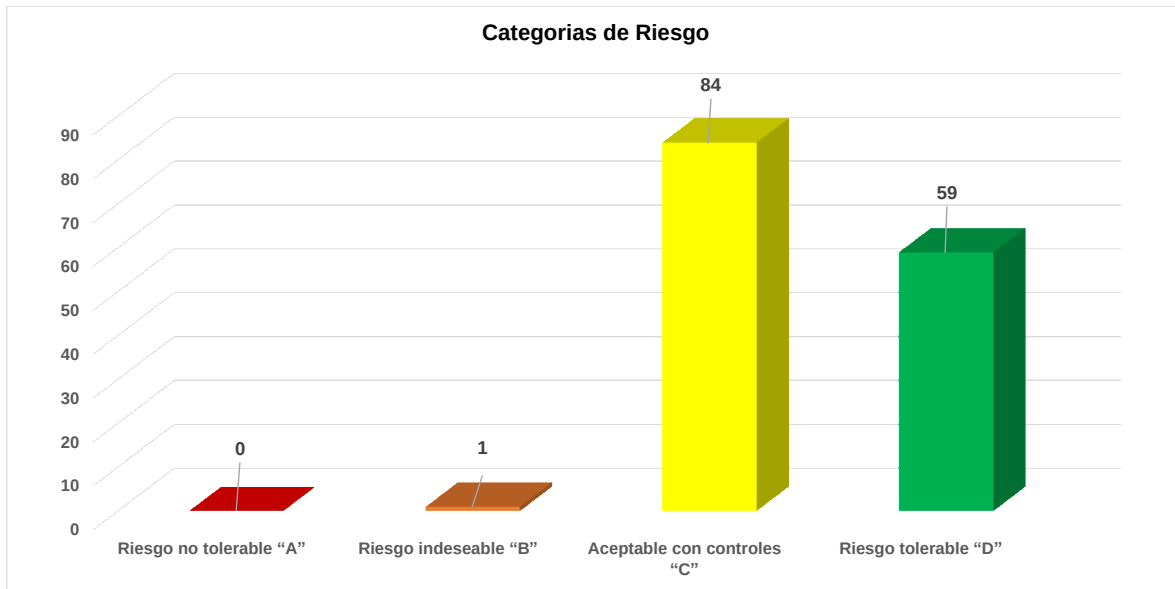
A manera de resumen, en la tabla 57 se realiza la cuantificación de todos los diferentes rubros de riesgo identificados en las categorías o actividades evaluadas en el **STGN**.

Tabla 59. Cuantificación de peligros de las categorías analizadas en el Hazid

Consecuencia	Categorías de Riesgo (Cantidad)			
	Riesgo no tolerable “A”	Riesgo indeseable “B”	Aceptable con controles “C”	Riesgo tolerable “D”
Grado de riesgo	0	1	84	59

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 39. Categorías de riesgo de la evaluación Hazid



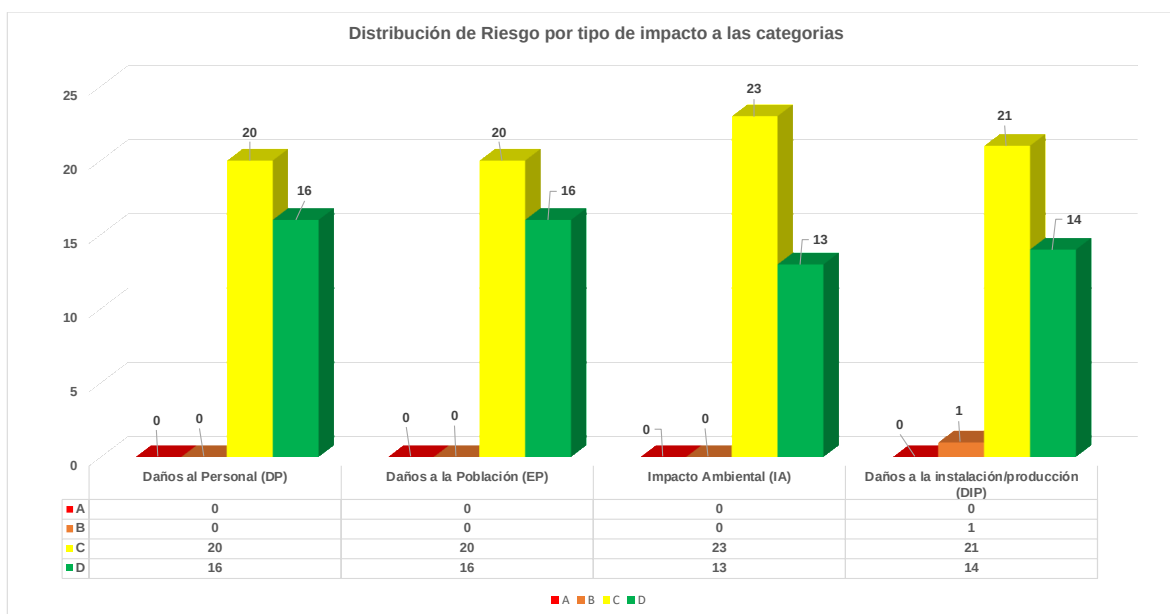
En la tabla 58 se presenta la distribución de riesgo por tipo de impacto, de acuerdo a las consecuencias hacia el personal, a la población, al medio ambiente y a la instalación o producción, de acuerdo a las matrices definidas.

Tabla 60. Cuantificación de riesgo de los peligros para cada categoría de receptor

Índice de Riesgo	Daños al Personal (DP)	Daños a la Población (EP)	Impacto Ambiental (IA)	Daños a la instalación/producción (DIP)	Total
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	1	1
C	20	20	23	21	84
D	16	16	13	14	59
Total	36	36	36	36	144

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 40. Distribución de riesgo por tipo de impacto



Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “A”** indican que en este nivel no hay afectación al personal, a la población, al medio ambiente ni a las instalaciones.

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “B”** presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes:

- Daños al personal: 0%
- Daños a la población: 0%
- Daños al medio ambiente: 0%
- Daños a la instalación/producción: 100%

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “C”**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 23.80%
- Daños a la población: 23.80%
- Daños al medio ambiente: 27.38%
- Daños a la instalación/producción: 25.0%

Los niveles de riesgo en la zona **tolerable tipo “D”**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 27.11%
- Daños a la población: 27.11%

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Daños al medio ambiente: 22.03%
- Daños a la instalación/producción: 23.72%

Para el análisis **Hazop** solo se considerarán los riesgos indeseables obtenidos daños a la instalación.

IV.2. Antecedentes de accidentes e incidentes en proyectos similares

El Gas natural es un combustible que, utilizado o manejado con procedimientos y equipos adecuados, puede ser muy seguro. El riesgo del gas está fundamentalmente en el hecho de no saber usarlo y en el exceso de confianza. Los accidentes de Gas Natural se pueden evitar, si el equipo de transporte, almacenamiento y de suministro es el adecuado, con un mantenimiento establecido y manejado por personal capacitado. El riesgo asociado a este tipo de proyectos se considera en la posibilidad de que se presente una fuga de gas, la cual puede provocar incendios o explosiones.

El sistema de transporte por ductos en el país consta de más de 55 000 km de tuberías dependientes de las cuatro subsidiarias que conforman Pemex, los fluidos transportados son: crudo, gasolinas, Diesel, gas licuado, gas natural y productos petroquímicos, principalmente. Los diámetros de las tuberías varían desde 3" hasta 48" de diámetro, y comparten en gran medida los corredores de los derechos de vía (DDV's), donde se realizan las tareas y actividades de operación, mantenimiento e inspección principalmente⁸.

Por otro lado, PROFEPA⁹ monitoreó (durante el periodo comprendido entre los años de 1997 a 2001), los sistemas de transporte de hidrocarburos en tres diferentes medios, los cuales son: por ducto, marítimo y carretero, de donde se obtuvieron datos reveladores.

Pemex - Refinación opera y administra los poliductos en el territorio nacional; además de procesar el petróleo crudo, elabora productos refinados y distribuye: gas licuado, gasolinas, turbosina, diésel, combustóleo y otros, mediante una red de ductos, entre los que se encuentran los poliductos. Las tomas clandestinas provocan afectaciones a la población y grandes pérdidas económicas¹⁵.

Cabe destacar que las principales causas que originaron emergencias y produjeron consecuencias importantes en el país durante el periodo 1994 a 2003 fueron: derrames de producto, contaminación y afectaciones a terceros (población civil).

Los casos más significativos, con mayor número de registros de accidentes, son debidos a: tomas clandestinas (304 casos), corrosión (125 casos) y golpe mecánico (6 casos), entre los más importantes¹⁰.

Una compilación de estos registros y otros más que se presentaron en los sistemas de poliductos instalados en los derechos de vía del país durante el periodo 1994-2003 se muestran en la tabla siguiente.

⁸ Anuario Estadístico de Pemex, pp. 11, 23, 29,37, 2005.

⁹ Procuraduría Federal de Protección al Ambiente PROFEPA, Subprocuraduría de Auditoría Ambiental, Dirección General de Auditoría del Riesgo Ambiental y Prevención de Accidentes, 2001

¹⁰ Datos de Accidentes de Pemex-Refinación, Subdirección de Distribución. Gerencia de Transportación por Ducto, Subgerencia Ductos Sureste, 2004.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Tabla 61. Resumen de accidentes en ductos

Causas	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	ST
Corrosión externa	7	7	23	19	35	27	-	3	1	3	125
Golpe mecánico	2	1	-	1	-	-	-	-	2	-	6
Falla de la soldadura transversal	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	2
Tomas clandestinas	9	21	45	7	46	51	35	37	45	8	304
Golpe de ariete	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Fisura por sobrepresión	-	-	1	-	1	-	-	-	2	-	4
Falla de la abrazadera	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	2
Material defectuoso	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Sobre esfuerzo por movimiento de tierra	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Fuga en la válvula	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Ruptura de monoblock	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Total											441

Fuente: Olivera - Villaseñor, Ruperto Enrique; Rodríguez - Castellanos, Alejandro Estudio del riesgo en ductos de transporte de gasolinas y diésel en México Científica, vol. 16, núm. 4, octubre-diciembre, 2012, pp. 159-165 Instituto Politécnico Nacional.

En datos más recientes tenemos los consultados por "*The Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration*" (PHMSA), se muestra que, del total de incidentes en todos los sistemas de ductos, el 11.35 % corresponden al transporte y una de las principales causas son las excavaciones por terceros, tal como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 62. Principales causas de los accidentes en todos los sistemas de ductos, periodo 2010-2019

Causa	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Todas las otras causas	16.7%	-	-	-	-	-	-	-	33.3%	50.0%
Corrosión	-	-	-	100%	-	-	25.0%	-	-	-
Excavaciones	33.3%	-	33.3%	-	-	66.7%	25.0%	33.3%	-	-
Operación Incorrecta	-	100%		-	-	33.3%	-	66.7%	-	-
Materiales/uniones/falla de equipo	50.0%	-	33.3%	-	100%	-	25.0%	-	33.3%	-
Daños por fuerzas naturales	-	-		-	-	-	-	-	-	50.0%

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Causa	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Otros daños por fuerzas externas	-	-	33.3%	-	-	-	25.0%	-	33.3%	-
No. total, de incidentes	6	1	3	1	2	3	4	3	3	2

Fuente: <https://www.phmsa.dot.gov/data-and-statistics/pipeline/pipeline-incident-20-year-trends>

Tabla 63. Principales daños causados de los accidentes en todos los sistemas de ductos, periodo 2000-2019

Causa de los incidentes reportados	Cantidad	%	Fatalidades	Daños	Daños a la propiedad (USD)	% de daños a la propiedad
Todas las otras causas	140	19.15	72	217	\$62,601,408.00	2.34
Corrosión	36	4.92	19	59	\$62,364,233.00	2.33
Excavaciones	205	28.04	71	304	\$166,724,711.00	6.24
Operación Incorrecta	104	14.23	23	178	\$1,714,590,061.00	64.20
Materiales/uniones/falla de equipo	77	10.53	27	151	\$580,985,917.00	21.75
Daños por fuerzas naturales	37	5.06	26	102	\$34,513,196.00	1.29
Otros daños por fuerzas externas	132	18.06	42	172	\$49,098,874.00	1.84
Total	731	100	280	1,183	\$2,670,878,400.00	100

Fuente: <https://www.phmsa.dot.gov/data-and-statistics/pipeline/pipeline-incident-20-year-trends>

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 64. Antecedentes de accidentes e incidentes.

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención	Fuente
1984	San Juan Ixhuatepec México	Terminal de almacenamiento de Gas Natural	Gas Natural	Explosión con efecto domino de las esferas y salchichas de almacenamiento de gas natural	Este accidente fue en las instalaciones del cabezal de distribución de PEMEX y la causa del percance se consideró por la falta de mantenimiento del equipo de almacenaje y del sistema contra incendios, además de una supervisión más estricta, por personal altamente capacitado	Este siniestro causo muchos miles de daños tanto materiales como humanos	Se evacuó a la población restante del área del siniestro, acudieron los cuerpos de emergencias para atender a los heridos y recuperar los cadáveres, contuvieron el fuego los bomberos de los municipios cercanos y personal de contra incendios de PEMEX.	PEMEX, 1984
1987	Nueva Jersey, USA	Tubería de GN	Gas Natural	Una tubería de hierro fundido de 4" se fracturó tangencialmente resultando en una explosión.	La falla se había debilitado debido a la corrosión, la falla fue originada por fuerzas externas, el cabezal de hierro fundido fue remplazado por tubería aprobada de plástico.	Incendio en casa residencial	Se evacuó a la población aledaña y atendió el siniestro el cuerpo de bomberos	PROFEPA, 2005
1994	Coahuila	Red de distribución de gas natural	Gas natural.	Fuga de gas natural en la línea de distribución con explosión	Falta de mantenimiento de la tubería de la red de distribución. Las medidas llevadas a cabo fueron: Renovación de la tubería de gas, reparación de fugas en medidores y un estudio de evaluación del área afectada.	Dos heridos gravemente.	Atención a los heridos y contención del conato de incendio por personal de protección civil y personal capacitado de la empresa	PROFEPA, 2005
1994	Nuevo León	Centro de regulación de gas natural	Gas natural.	Fuga de gas natural en el centro de regulación,	Durante el mantenimiento al purgar la válvula de salida del gas.	No hubo daños al medio ambiente, ni pérdidas humanas.	Se acordó el área, evacuación de familias en un radio de 100 m a la redonda y suspensión de tráfico.	PROFEPA, 2005

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención	Fuente
1996	Guadalajara México	Tanque estacionario casa habitación	Gas Natural	tanque estacionario se incendió y estallo	Tanque estacionario que estaba siendo llenado en un hogar se incendió y estalló	Causando 3 muertos y varios heridos de gravedad	Se contuvo el incendio del tanque mediante cortinas de agua.	PEMEX, 1996
1998	México	Estación de compresión de gas natural.	Gas natural.	Fuga de gas con explosión.	Separación de la conexión entre la línea de servicios de plástico y el accesorio de compresión instalado en la línea antes del medidor. Algunas excavaciones se habían llevado a cabo semanas antes del incidente para instalación de drenajes, el terreno no fue rellenado con seguridad.	Una casa fue dañada debido a una explosión resultante	Se contuvo la fuga de gas natural por personal de PEMEX y el incendio provocado.	PROFEPA, 2005
1999	Ciudad de México	Carro tanque de gas natural	Gas natural	Descargando gas natural el carro tanque que se incendió enfrente del café Tacuba en el centro histórico de la Ciudad de México	La causa falta de mantenimiento y verificación de las válvulas de exceso de flujo y de relevo (válvula de seguridad)	Solo hubo daños materiales.	Se atendió la emergencia mediante los cuerpos de protección civil locales	PROFEPA, 2005
2000	Ciudad de México	Planta de almacenamiento y distribución de gas natural	Gas natural	La empresa Regio Gas tubo un accidente de fuga de Gas L.P. con fuego provocado por el arranque y descontrol de este dentro de sus instalaciones en la Delegación Azcapotzalco.	La causa la falta capacitación y de cumplir con las medidas de seguridad establecidas dentro de las instalaciones.	Los daños son del tipo material sin muertes.	Se contuvo la fuga con el personal de la empresa y protección civil del estado.	PROFEPA, 2005
2000	Ciudad de México	Carro tanque de gas natural	Gas natural	La empresa Gas Luxor con una pipa de 12,500 litros en las calles de reforma e insurgentes se incendió.	La causa la imprudencia del conductor de la pipa, falta de capacitación y concientización del producto que se transporta	No hubo heridos, solo daños materiales	Se atendió la emergencia mediante los cuerpos de protección civil locales	PROFEPA, 2005

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención	Fuente
2005	Kentucky, USA	Tubería de GN	Gas Natural	Una tubería de gas de 30" que operaba a una presión de 987 psi, se rompió.	La causa probable fue debido a la corrosión en la tubería que tenía 29 años de haber sido instalada	La ruptura se extendió hasta 145 m y expuso la tubería fuera del subsuelo y otra tubería paralela adyacente de 12 m.	Se acordonó el área, evacuación de familias en un radio de 100 m a la redonda y suspensión de tráfico.	PROFEPA, 2005
2005	México	Estación de compresión de gas natural.	Gas natural.	Fuga de gas de una línea de 36" en el ensamblado de una válvula de compuerta. El ducto se torció y se originó un pequeño orificio, exponiendo una línea de 34" de diámetro de la descarga de la turbina	Fuga de una línea de 36" en el ensamblado de una válvula de compuerta.	El chorro de gas se incendió y alcanzó un edificio de compresión que estaba a 75 metros de distancia: dos turbinas de 20,000 hp fueron destruidas y una resultó con daños, los edificios de control y medición que estaban a 183 m fueron destruidos, así como también el edificio de compresores y el taller. El flujo en el ducto se suspendió automáticamente por medio del cierre de las válvulas que se encontraban a 24 km de distancia,	Se contuvo la fuga de gas natural por personal de PEMEX y el incendio provocado, sin embargo, el gas remanente en el ducto continuó quemándose por 3 horas aproximadamente.	PROFEPA, 2005
2009	Carolina del Norte, USA	Planta de ConAgra Slim Jim en Garner, Carolina del Norte	Gas natural	Explosión de gas natural	El accidente se produjo durante la operación de purga al aire libre de una tubería de acero de abastecimiento de gas que estaba conectado a un calentador de agua. Debido a las dificultades para encender el calentador de agua, la operación de purga se continuó durante un tiempo inusualmente largo, causando finalmente la nube de gas en el interior del edificio, acumulando gas a una concentración por encima de su límite inferior de explosividad. La nube de gas causó una explosión al ponerse en contacto con una fuente de ignición	Ese accidente originó la pérdida de cuatro vidas humanas, causó heridas a otras 67 personas.	Se evacuó a la población aledaña y atendió el siniestro el cuerpo de bomberos	Agencia de Seguridad Química e Investigación de Peligros de los Estados Unidos de Norteamérica (CSB)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención	Fuente
2010	Connecticut, USA	Red de distribución de Gas natural	Gas natural	Explosión y fuego de la tubería de distribución de gas natural durante los trabajos de limpieza de la tubería.	Para quitar los residuos de la tubería, los trabajadores utilizaron el gas natural a alta presión de aproximadamente 650 libras por pulgada cuadrada. Durante este proceso, el gas natural encontró una fuente de ignición y explosión.	6 trabajadores fatalmente heridos	Se evacuó a la población aledaña y atendió el siniestro el cuerpo de bomberos	Agencia de Seguridad Química e Investigación de Peligros de los Estados Unidos de Norteamérica (CSB)
2014	San Pedro, Monterrey, N.L.	Red de distribución de Gas natural	Gas natural	Explosión e incendio de gas natural en el sector Valle Oriente de San Pedro Garza García, en la zona metropolitana de Monterrey	La tubería dañada es la principal que abastece de gas natural al sector y resultó afectada al caerle una barda encima, la cual colapsó porque la tierra quedó reblandecida por recientes lluvias.	En este evento no hubo lesionados, pero si hubo daños materiales, las cuales fueron 3 vehículos que se encontraban cerca y el carril lateral de la avenida Lázaro Cárdenas.	Cerca de dos mil personas fueron desalojadas de los inmuebles contiguos durante los primeros minutos del siniestro,	La Jornada, 2014
2015	Coyoacán, Ciudad de México	Red de distribución de Gas natural	Gas natural	Explosión en tubería de conexión de gas natural.	Presuntamente a una mala maniobra en una tubería por parte de trabajadores contratados por la empresa Gas Natural Fenosa.	La explosión dejó a 4 personas heridas, incluidos los trabajadores, mientras que dos casas dúplex resultaron con serios daños,	Se acordó el área, evacuación de familias en un radio de 100 m a la redonda y suspensión de tráfico. siendo evacuados los vecinos del lugar.	El Universal, 2015
2015	Tlapango, Tlaxcala	Red de distribución de Gas natural	Gas natural	Fuga de gas natural por ruptura de tubería	Ruptura de un dueto de gas natural de 20 milímetros de diámetro de la empresa "Maxigas".	No se registró la pérdida de vidas humanas ni lesiones a terceros	Tras 2 horas de labores se logró la contención de la fuga.	La polilla, Tlaxcala
2015	Azcapotzalco, Ciudad de México	Red de distribución de Gas natural	Gas natural	Fuga de gas natural por ruptura de tubería	Fracturada durante obras de construcción en calles de la colonia Santa Catarina de la Delegación Azcapotzalco.	No se reportaron personas lesionadas	La ruptura generó una fuga de gas que duró 2 horas hasta ser controlado por los bomberos. Debido a esto, se realizó el desalojo de habitantes	El Financiero, 2015

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Año	Ciudad y/o país	Instalación	Sustancia(s) involucradas	Evento	Causa	Nivel de afectación (componentes ambientales afectados)	Acciones realizadas para su atención	Fuente
							a 500 metros a la redonda, unas 5 manzanas, aproximadamente 600 personas, a fin de prevenir una mayor emergencia. La válvula fue cerrada y bomberos esperaron a que la presión del gas disminuyera, mientras que con mangueras y agua evitaban que el gas se esparciera.	

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Como se puede observar los accidentes en su mayoría se pueden considerar errores humanos. Las fugas del Gas Natural pueden estar presentes en los elementos de servicio como son reguladores, bridas, válvulas y sellos o empaques, pero el mayor riesgo se presentará en el área de almacenamiento del gas.

Debido a que la densidad del Gas Natural es mayor que la del aire, se incrementa la posibilidad de la acumulación de una nube de vapor inflamable, la cual puede viajar y encenderse por calor, chispas o flamas y retroceder con flamas. Sobre este hecho las Plantas de almacenamiento y estaciones de carburación para vehículos que emplean como combustible el Gas Natural no están exentas de riesgo, por lo cual es necesario una estructuración simultánea tanto de las autoridades que las regulen, los usuarios y de los dueños para evitar todo tipo de siniestros.

IV.3. Identificación de peligros y escenarios de riesgo

Para determinar los posibles eventos de riesgos que pueden presentarse durante la operación del sistema de transporte de gas natural, se analizaron las características de la red, rutas y localización, las propiedades de toxicidad, inflamabilidad y explosividad del gas natural, considerando los parámetros de operación y condiciones ambientales críticas (mayor o menor temperatura, condiciones ambientales extremas, menor velocidad de viento, etc.).

Respecto a la evaluación de operación y para el desarrollo de las metodologías de identificación de riesgos, se tomó en cuenta la experiencia del personal operativo de México Pacific y personal de B+F ambiental durante la revisión del proyecto y/o los recorridos de las instalaciones similares para identificar los posibles incidentes que pudiesen ocurrir.

A. Metodología HaZop (Hazardous Operability Analysis)

La técnica de análisis de peligros y operabilidad “HaZop” se basa en el principio de que varios expertos con diferentes especialidades pueden interactuar de una manera creativa y sistemática para identificar más problemas trabajando juntos que trabajando separados. La técnica de análisis “HaZop” fue originalmente desarrollada por el Dr. Trevor Kletz en la década de 1970 en la compañía Imperial Chemical Industries, para evaluar la operación de sus instalaciones industriales, posteriormente esta técnica fue adaptada de manera colegiada por el American Institute of Chemical Engineers y difundida a partir de 1992 a través de las Guías editadas por el Center for Chemical Process Safety, y es recomendada para identificar los problemas de seguridad y de operabilidad que se pudiesen presentar en una instalación durante su operación normal, arranque y paro, Aiche 1999.

Para desarrollar un estudio de HaZop, se integra un grupo multidisciplinario de especialistas con experiencia y conocimiento en diseño, operación, mantenimiento y seguridad de instalaciones similares a la que se va a estudiar, encabezado por un líder con conocimiento profundo de la técnica. Se requiere que comprendan completamente el proceso y sus interrelaciones, a fin de poder cuestionar correctamente cada una de las secciones del proceso y sus componentes, identificando las desviaciones al propósito original que puedan ocurrir y así, determinar cuáles de esas desviaciones pudiesen dar lugar a riesgos para el personal y las instalaciones durante la operación de las mismas.

El HaZop (Hazard Operability Study) es una técnica cualitativa que permite identificar postulados de accidentes que pudieran ocurrir en la instalación. Para desarrollar un estudio de HaZop, se integra

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

un grupo multidisciplinario de especialistas con experiencia y conocimiento en diseño, operación, mantenimiento y seguridad de instalaciones similares a la que se va a estudiar, encabezado por un líder con conocimiento profundo de la técnica. Se requiere que comprendan completamente el proceso y sus interrelaciones, a fin de poder cuestionar correctamente cada una de las secciones del proceso y sus componentes, identificando las desviaciones al propósito original que puedan ocurrir y así, determinar cuáles de esas desviaciones pudiesen dar lugar a riesgos para el personal y las instalaciones durante la operación de las mismas.

La metodología consiste en dividir la instalación en subsistemas que tengan una identidad funcional propia y en seleccionar una serie de nodos en cada subsistema donde se analizan las posibles desviaciones de las principales variables que caracterizan el proceso (presión, temperatura, caudal, etc.).

Las desviaciones son establecidas de forma sistemática recurriendo a una lista de palabras guía que califican el tipo de desviación. Ejemplos de palabras guía más utilizadas son las siguientes:

Tabla 65. Palabras guía más utilizadas en la metodología HaZop.

Palabra Guía	
No/ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cuantitativo
Parte de	Decremento cuantitativo
Inversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

La identificación de peligros de un sistema en plantas de proceso y otras instalaciones es fundamental para garantizar un diseño y operación seguros. La metodología de identificación de riesgos HazOp (Análisis de Peligros y Operabilidad) es una técnica para el análisis de peligros en procesos que es empleada durante el diseño de un proyecto, establecimiento de una instalación industrial o modificación mayor en un proceso.

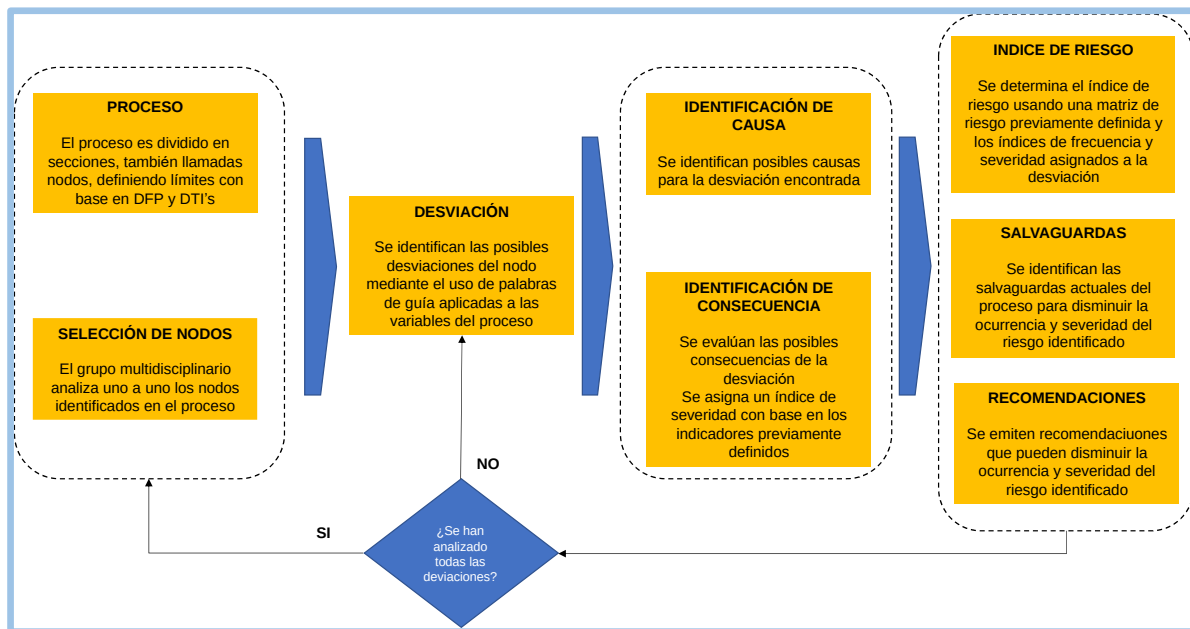
Esta metodología consta de un procedimiento altamente disciplinado que permite identificar las posibles desviaciones de un proceso con respecto a su intención de diseño. El HazOp se puede definir como la examinación crítica, sistemática y formal de un proceso y sus intenciones de diseño aplicado a instalaciones nuevas o existentes para evaluar el potencial de falla de partes individuales de equipos, y las consecuencias que se producirían como resultado en las instalaciones (Dunjó et al., 2010).

La Figura siguiente muestra un diagrama de flujo general para realizar un análisis HazOp (adaptación de Dowell III, 1998). Para realizar un análisis HazOp, es necesario contar con los diagramas de flujo

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

de proceso (DFP) y tubería e instrumentación (DTI) del sistema y dividir el proceso en secciones manejables con límites definidos, también conocidas como nodos. Dentro de cada nodo se analizan las posibles desviaciones de las principales propiedades que caracterizan el proceso (Presión, Temperatura, Flujo, etc.). Lo anterior, basándose en la premisa de que los accidentes se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros definidos en la intención de diseño. Dicho análisis, es realizado por un grupo multidisciplinario cuyos miembros deben contar con la experiencia y conocimientos necesarios del sistema.

Figura. 41. Diagrama de flujo para realizar un análisis HaZop (Adaptación de Dowell III, 1998).



Las desviaciones del sistema son establecidas de manera sistemática recurriendo a una lista de palabras guía (No, Mayor, Menor, tal como, etc.), que cualifican el tipo de desviación. Esto supone que los valores de diseño de los Flujos, Temperaturas, Presiones, Concentraciones, etc., son inherentemente seguros y operables. Una vez que han sido establecidas las desviaciones, es necesario definir la posible causa de las mismas y determinar las consecuencias que tienen en las instalaciones.

A fin de determinar el índice de riesgo de cada desviación, es necesario evaluar la frecuencia de la causa y severidad de la consecuencia con base en una matriz de riesgo definida previamente. El nivel de riesgo sirve como indicador para determinar si se cuenta con las salvaguardas necesarias o es necesario incluir recomendaciones en el diseño u operación del proceso.

A continuación se detalla la aplicación de cada una de las etapas al proyecto.

IV.4. Jerarquización de riesgos

El análisis simplificado de riesgos de las instalaciones (**FRR**, del inglés Facility Risk Review) consiste en la combinación de los aspectos cualitativos del análisis de riesgos - identificación y evaluación de peligros, con los aspectos cuantitativos – evaluación de consecuencias y estimación de frecuencias.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

La técnica **FRR** es una técnica – semi cuantitativa – simplificada de análisis de riesgos en los procesos, que utiliza los escenarios de accidentes potenciales ya identificados y evaluados para luego clasificarlos y jerarquizarlos. Se ha comprobado que esta técnica es una herramienta efectiva para el análisis cuantitativo de riesgos en muchas instalaciones de la industria del petróleo y del gas; además, el uso apropiado de ésta permitirá disponer de sus recursos de manera efectiva en la prevención de los riesgos más importantes (v.gr. riesgos inaceptables), que amenazan la seguridad del personal, la población, el medio ambiente, la producción y la instalación.

La herramienta **FRR** se debe utilizar para (1) enfocar la atención en aquellos accidentes potenciales que deben ser tratados con prioridad durante las actividades de prevención de accidentes e (2) identificar aquellos accidentes potenciales para los cuales es necesario conducir un análisis detallado de riesgo.

Los objetivos de la revisión de riesgos de las instalaciones son:

1. Identificar, seleccionar, evaluar y clasificar los riesgos más importantes con el potencial de ocasionar daños al personal y/o a la población, el medio ambiente, el producto manejado y la instalación.
2. Desarrollar recomendaciones para reducir los riesgos.
3. Identificar los procesos y las áreas más importantes que requieren de una evaluación más detallada para determinar las medidas más efectivas destinadas a reducir el riesgo.

Un análisis detallado de riesgos puede ser un proceso largo y costoso si se aplica a todos los procesos/sistemas de una instalación; sin embargo, con el empleo de la técnica **FRR** el análisis se vuelve mucho menos costoso, ya que se emplea una estructura definida para revisión y jerarquización de los riesgos en áreas o procesos, y que se determinan de acuerdo a su riesgo relativo, permitiéndole al analista concentrar su atención en los escenarios de mayor riesgo.

La caracterización del riesgo mediante la técnica **FRR**, a veces llamada semi cuantitativa, se logra con sólo estimar el orden de magnitud de la consecuencia y de la frecuencia de los eventos seleccionados (tablas siguientes).

En la mayoría de las ocasiones no hace falta obtener una estimación puntual de la frecuencia y de la consecuencia, por esta razón la técnica **FRR** es más eficiente, y permite concentrar los recursos en los escenarios más peligrosos que necesiten una caracterización más precisa (es decir, un análisis cuantitativo de frecuencia y/o consecuencia). Las categorías de órdenes de magnitud, de las frecuencias y consecuencias utilizadas para el presente análisis de riesgo, han sido desarrolladas por PEMEX.

Basándose en los resultados del análisis de riesgo cualitativo, el equipo debe seleccionar casos de accidentes (escenarios), que representen el mayor riesgo, para llevar el **FRR**.

La selección de estos escenarios se hace con base en las consecuencias de interés de la desviación “Fuga o Ruptura” de cada una de las secciones del proceso en cuestión. Es decir, cada una de las consecuencias de interés listadas en la columna de consecuencias de la tabla **HAZOP**, de la desviación correspondiente a “Fuga o Ruptura” de cada una de las secciones, representan los escenarios que deben ser seleccionados para ser analizados en el **FRR**.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

En la Tabla de categorías de consecuencias, se consideran cinco tipos de consecuencias: daños al personal, efectos en la población, impacto ambiental, pérdida de producción y daños a la instalación.

El personal de la instalación es imprescindible a la hora de asignar categorías de consecuencia, ya que poseen el conocimiento del proceso y la experiencia necesarias; por ejemplo, el personal puede proporcionar información valiosa sobre las variables principales acerca de: (1) los efectos en la vida y la salud del personal, (2) el impacto ambiental y (3) la evaluación económica, como pueden ser los costos de reparación o remplazo de equipos, el tiempo muerto que se necesita para restaurar los sistemas después de paros, el tiempo de paralización necesario para volver a arrancar unidades de proceso y los costos asociados con interrupciones en la producción.

Para la evaluación de frecuencia, se deben utilizar bases de datos sobre fallas en sus instalaciones, información de confiabilidad para la industria de proceso de hidrocarburos y otras fuentes de información o bases de datos de la industria en general. El objetivo en este, caso es evaluar la frecuencia de los accidentes con la precisión suficiente como para determinar la categoría de frecuencias que se debe asignar a cada escenario de accidente, sin tratar de encontrar un valor de frecuencia puntual. La Tabla de categorías de frecuencia se puede utilizar para clasificar los escenarios de accidente.

Por lo tanto, una vez culminada la fase cualitativa del análisis de riesgos, es decir, la fase de identificación/evaluación de los peligros y las consecuencias de interés asociadas con estos peligros, el equipo de análisis de riesgo debe utilizar las tablas antes mencionadas para asignar las categorías de consecuencia y frecuencia a los escenarios (consecuencias o accidentes de interés), seleccionados para ser analizados en el **FRR**.

Para la jerarquización de riesgos, se utilizaron los criterios establecidos en las **Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI**, para lo cual se asignó para cada escenario una ponderación por tipo de consecuencia (daño al personal, daños a la población, a la instalación, impacto ambiental, pérdidas de producción).

Tabla 66. Determinación de la consecuencia

Categoría	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a las instalaciones (USD)
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana.	> 500'000,000	> 500'000,000
5 (Mayor)	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 2 a 10 fatalidades.	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades.	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana.	>50'000,000 a 500'000,000	>50'000,000 a 500'000,000

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Categoría	Daños al personal	Efectos en la población	Impacto ambiental	Pérdida de producción (USD)	Daños a las instalaciones (USD)
4 (Grave)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar incapacidad permanente o una fatalidad.	Lesiones o daños físicos mayores que generen de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización	Se presentan fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas.	>5'000,000 a 50'000,000	>5'000,000 a 50'000,000
3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que pueda generar una incapacidad.	Ruidos olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos.	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que lleven hasta 1 hora.	>500,000 a 5'000,000	>500,000 a 5'000,000
2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<50,000	<50,000

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

Tabla 67. Categorías de frecuencias

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/año
F6	Muy frecuente	Ocorre una o más veces en un año.	≥ 1.0 ($\geq 1 \times 10^0$)
F5	Frecuente	Ocorre una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años.	>0.2 a ≤ 1.0 ($>2 \times 10^{-1}$ a $\leq 1 \times 10^0$)
F4	Poco Frecuente	Ocorre una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10	>0.1 a ≤ 0.2 ($>1 \times 10^{-1}$ a $\leq 2 \times 10^{-1}$)
F3	Raro	Ocorre una o más veces en un periodo mayor a 10 años.	>0.01 a ≤ 0.1 ($>1 \times 10^{-2}$ a $\leq 1 \times 10^{-1}$)
F2	Muy Raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la instalación.	>0.001 a ≤ 0.01 ($>1 \times 10^{-3}$ a $\leq 1 \times 10^{-2}$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	>0.0001 a ≤ 0.001 ($>1 \times 10^{-4}$ a $\leq 1 \times 10^{-3}$)

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

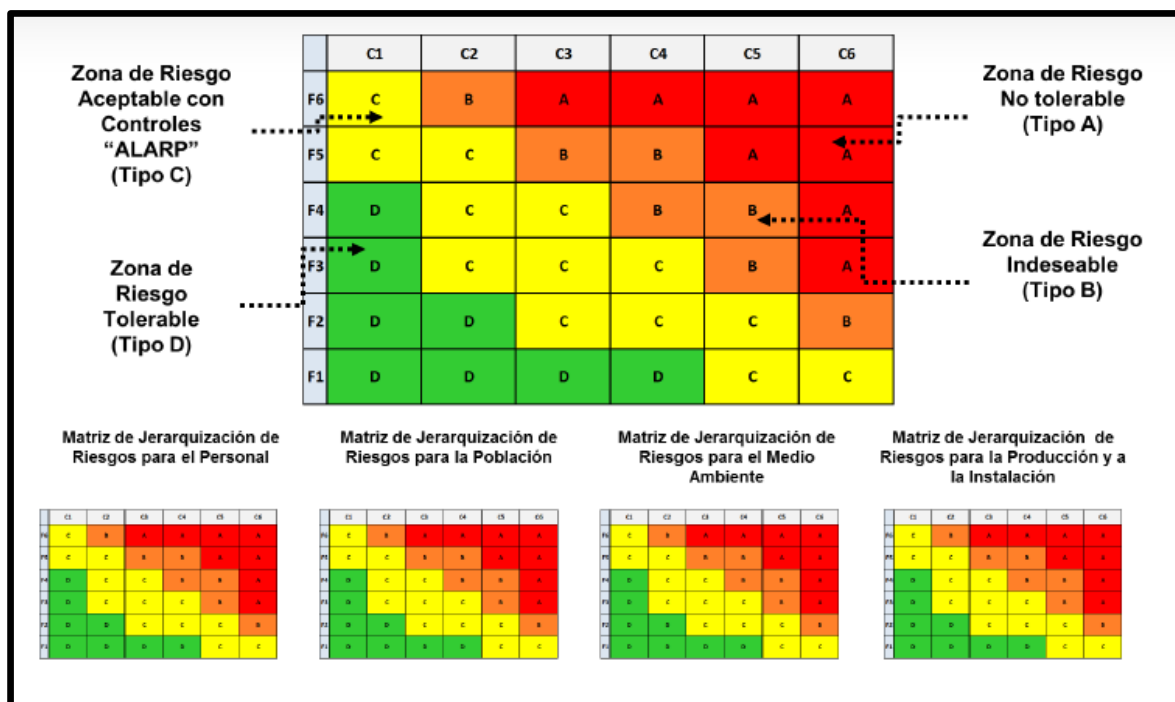
La combinación de frecuencia y consecuencia genera una matriz de riesgos, en donde se indica el riesgo potencial del evento en cuestión, en función del receptor del peligro o daño (al personal, a la población, al ambiente, a la producción o a la instalación).

El nivel de riesgo para cada uno de los factores antes mencionados se muestra a continuación, se califican los riesgos identificados con base a sus características de frecuencia de ocurrencia y severidad de las consecuencias, para posteriormente determinar su ubicación de las matrices de Riesgo mencionadas en la guía **“Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgos de Proceso PEMEX-SASIPA-SI”**.

Para determinar el índice de riesgo analizado se utilizan las calificaciones asignadas al índice de frecuencia y a la consecuencia utilizando la tabla del rango del índice de riesgo, que se muestra en la figura siguiente, así como también se muestra cada una de las matrices de las categorías de las consecuencias a evaluar.

Para determinar el índice de riesgo analizado se utilizan las calificaciones asignadas al índice de frecuencia y a la consecuencia utilizando la figura siguiente del rango del índice de riesgo.

Figura. 42. Matriz de jerarquización de riesgo de proceso



Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

Tabla 68. Índice de Riesgo

Índice de Riesgo	Clasificación
A	Región de Riesgo No Tolerable

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Índice de Riesgo	Clasificación
B	Región de Riesgo Indeseable
C	Región de Riesgo ALARP (As low As Reasonably Practicable)
D	Región de Riesgo Aceptable

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI

De acuerdo con el grado de riesgo resultante de la aplicación de las matrices se decide si el riesgo estimado se encuentran en la región de Riesgo No Tolerable, Riesgo Indeseable, Riesgo Aceptable con Controles y la Región de Riesgo Tolerable con la cual se asignará la prioridad de las acciones recomendadas.

Los riesgos se clasifican como:

- **Región de Riesgo No Tolerable (Tipo A): El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes.** Un riesgo Tipo “A” representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos si se requiere continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporal y permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a **Tipo “C”**.
- **Riesgo Indeseable (Tipo “B”): El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas permanentes.** Un riesgo Tipo “B” representa una situación de riesgo indeseable y deben establecerse Controles Permanentes Inmediatos.

Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo “C” y en el mejor de los casos, hasta riesgo **Tipo “D”**.

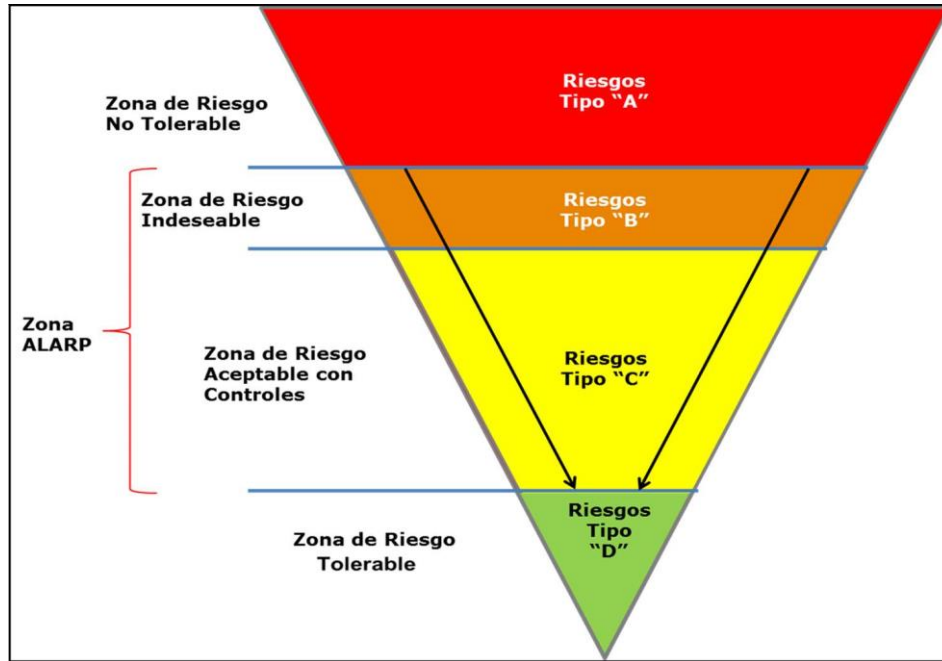
- **Región Aceptable con Controles (Tipo C): El riesgo es significativo, pero se puede gestionar con controles administrativos.** Un riesgo Tipo “C” representa una situación de riesgo Aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos, deben darse en un plazo no mayor a 180 días.

La administración de un riesgo Tipo “C” debe enfocarse en la Disciplina Operativa y en la Confiabilidad de las diferentes Capas de Seguridad y/o Sistemas de Protección. La prioridad de una atención para reducirlos a riesgos tipo “D”, debe estar en función de un Análisis Costo Beneficio de las acciones correctivas y preventivas establecidas para dar atención a las recomendaciones emitidas para Administrar los Riesgos identificados.

- **Riesgo Tolerable (Tipo D): El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto.** Un riesgo Tipo “D” representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 43. Priorización de las zonas de riesgo



Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI

A. Hojas de trabajo Hazop

Se presentan en el **Anexo_ER_14_Hojas de trabajo del Hazop** para la identificación de peligros y escenarios de riesgo.

B. Resultados del análisis Hazop

A manera de resumen, en la tabla siguiente se realiza la cuantificación de todos los diferentes rubros de riesgo identificados en las categorías o actividades evaluadas en el **STGN**.

Tabla 69. Cuantificación de peligros de las categorías analizadas en el Hazop

Consecuencia	Categorías de Riesgo (Cantidad)			
	Riesgo no tolerable "A"	Riesgo indeseable "B"	Aceptable con controles "C"	Riesgo tolerable "D"
Nodo1	0	2	29	105
Nodo 2	0	4	25	95
Nodo 3	0	2	29	69
Total	0	8	83	269

En la tabla siguiente, se presenta la distribución de riesgo por tipo de impacto, de acuerdo a las consecuencias hacia el personal, a la población, al medio ambiente y a la instalación o producción, de acuerdo a las matrices definidas.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 70. Cuantificación de riesgo de los peligros para cada categoría de receptor

Índice de Riesgo	Daños al Personal (DP)	Daños a la Población (EP)	Impacto Ambiental (IA)	Daños a la instalación/producción (DIP)	Total
Nodo 1					
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	2	2
C	11	0	12	6	29
D	23	34	22	26	105
Subtotal 1	34	34	34	34	136
Nodo 2					
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	4	4
C	8	0	12	5	25
D	23	31	19	22	95
Subtotal 2	31	31	31	31	134
Nodo 3					
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	2	2
C	11	0	10	8	29
D	14	25	15	15	69
Subtotal 3	25	25	25	25	100

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “A”** indican que en este nivel no hay afectación al personal, a la población, al medio ambiente ni a las instalaciones.

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “B”** presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes:

- Daños al personal: 0.0%
- Daños a la población: 0%
- Daños al medio ambiente: 0%
- Daños a la instalación/producción: 100.0%

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

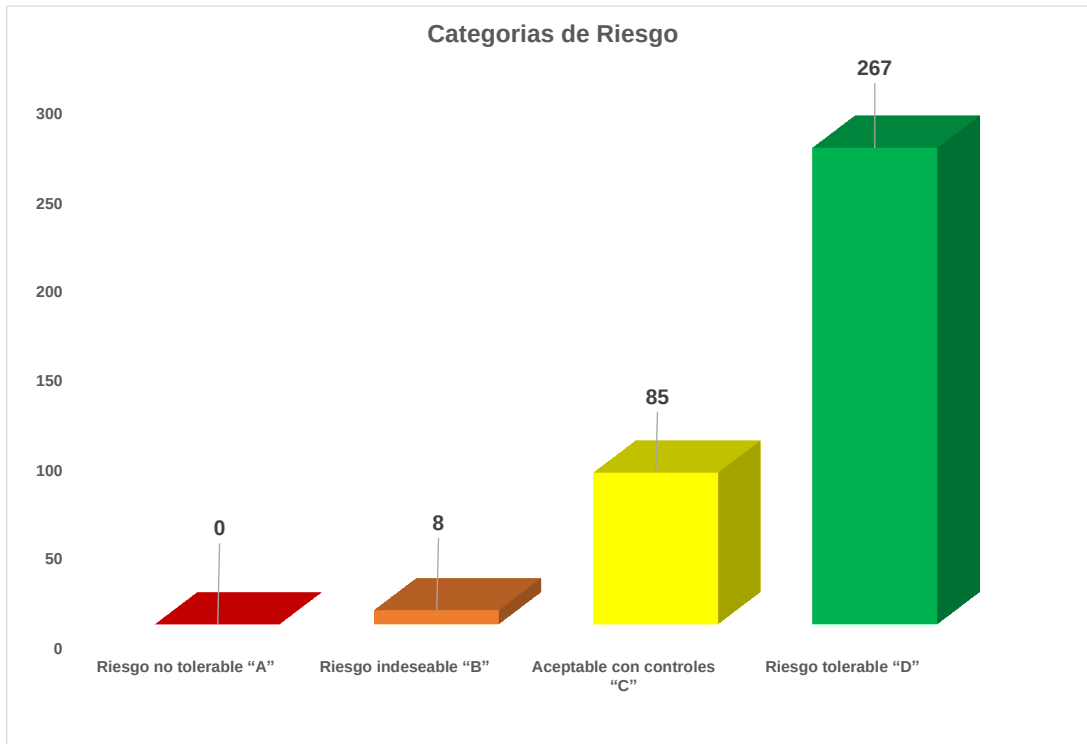
Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “C”**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 35.29%
- Daños a la población: 0.0%
- Daños al medio ambiente: 40.00%
- Daños a la instalación/producción: 24.71%

Los niveles de riesgo en la zona **tolerable tipo “D”**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

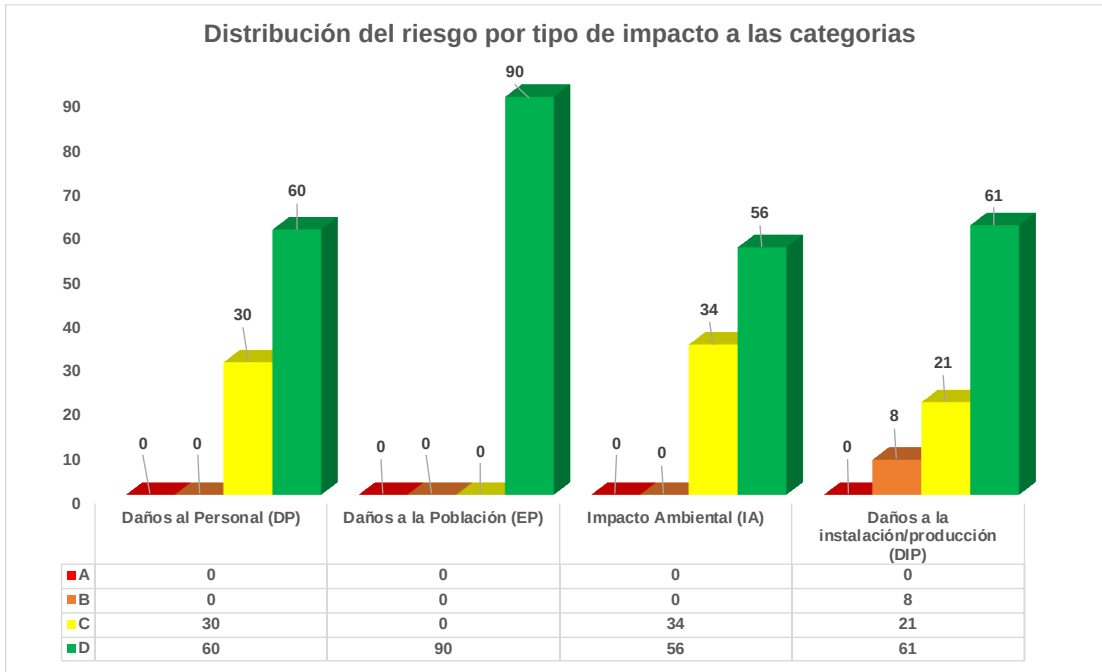
- Daños al personal: 22.47%
- Daños a la población: 33.71%
- Daños al medio ambiente: 20.97%
- Daños a la instalación/producción: 22.85%

Figura. 44. Categorías de riesgo de la evaluación Hazop



ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 45. Distribución de riesgo por tipo de impacto



C. Resultados de la jerarquización de peligros y riesgos del análisis Hazop

Aplicando la metodología descrita, se realizó la categorización por grado de riesgo para cada categoría y cada peligro, en la tabla siguiente se muestran las categorías por desviación, como resultado de la aplicación de las matrices y criterios descritos anteriormente. A continuación, se presentan los resultados de los riesgos identificados en las categorías o actividades evaluadas en las hojas de trabajo del **HAZOP**.

Durante el desarrollo de la metodología se utilizaron en todo el análisis Hazop **90 desviaciones** (34 desviaciones Nodo 1, 31 desviaciones Nodo 2 y 25 desviaciones Nodo 3) a las intenciones de diseño y factores externos que pueden afectar el desarrollo del Sistema de Transporte derivados de la carencia o pérdida de controles de ingeniería o administrativos, cada desviación fue calificada con una **frecuencia y consecuencia** y utilizando la matriz de riesgos se otorgó una calificación global de riesgo. A continuación se muestran la cantidad de escenarios de riesgos ubicados en las regiones de la matriz de riesgos por posible afectación daño a las personas, Efectos a la Población, Impacto Ambiental y Daño a la Infraestructura y Producción.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 71. Jerarquización de riesgos Daño al Personal del Hazop

Consecuencia							
Frecuencia		1	2	3	4	5	6
	6						
	5						
	4	1.10.1, 2.16.1, 3.11.1	1.10.2, 1.13.1, 1.13.2, 1.14.2, 2.9.1, 2.4.2, 2.8.2, 2.12.2, 2.13.2, 3.3.2, 3.11.2				
	3	1.7.1, 1.19.1, 2.8.1, 2.12.1, 2.13.1	1.15.1, 2.17.1, 3.9.2, 3.10.2, 3.15.1	2.14.2, 2.15.2			
	2	1.2.1, 1.3.1, 1.4.1, 1.5.1, 1.6.1, 1.6.2, 1.11.1, 1.11.2, 1.12.1, 1.20.1, 1.21.1, 1.22.1, 1.23.1, 2.2.1, 2.3.1, 2.4.1, 1.14.1, 2.15.1, 2.19.1, 2.20.1, 2.21.1, 3.1.1, 3.2.1, 3.3.1, 3.12.1, 3.13.1, 3.17.1, 3.18.1, 3.19.1	18.1.1	1.14.1, 1.16.1, 1.17.1, 2.3.2, 2.18.1, 3.5.1, 3.8.1, 3.11.2, 3.13.2, 3.14.1, 3.16.1	1.12.2		
	1	1.1.1, 1.8.1, 1.9.1, 1.9.2, 2.1.1, 2.5.1, 2.6.1, 2.7.1, 2.10.1, 2.11.1, 3.4.1, 3.6.1, 3.9.1, 3.10.1	1.8.2, 3.7.1	2.10.2, 2.11.2			

Tabla 72. Jerarquización de riesgos Efectos a la Población del Hazop

Consecuencia							
Frecuencia		1	2	3	4	5	6
	6						
	5						
	4	1.4.2, 1.10.1, 1.10.2, 2.4.2, 2.8.2, 2.12.2, 2.13.1, 2.13.2, 2.16.1, 3.3.2, 3.11.1, 3.11.2					
	3	1.7.1, 1.13.1, 1.19.1, 2.8.1, 2.9.1, 2.12.1, 2.14.2, 2.15.2, 2.17.1, 3.3.1, 3.9.2, 3.10.2, 3.14.1, 3.15.1					
	2	1.2.1, 1.2.2, 1.3.1, 1.3.2, 1.4.1, 1.5.1, 1.6.1, 1.6.2, 1.8.2, 1.11.1, 1.11.2, 1.12.1, 1.12.2, 1.14.1, 1.14.2, 1.18.1, 1.20.1, 1.21.1, 1.22.1, 2.2.2, 2.3.1, 2.4.1, 2.6.1, 2.7.1, 2.14.1, 2.15.1, 2.18.1, 2.19.1, 2.20.1, 2.21.1, 2.22.1, 3.1.1, 3.2.1, 3.5.1, 3.8.1, 3.12.1, 3.12.2, 3.13.1, 3.13.2, 3.16.1, 3.17.1, 3.18.1, 3.19.1					
	1	1.1.1, 1.8.1, 1.9.1, 1.9.2, 2.1.1, 2.5.1, 2.10.1, 2.10.2, 2.11.1, 2.11.2, 3.4.1, 3.6.1, 3.9.1, 3.10.1	3.7.1				

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 73. Jerarquización de riesgos Impacto Ambiental del Hazop

Consecuencia							
Frecuencia		1	2	3	4	5	6
	6						
	5						
	4	1.10.1, 2.13.1, 2.16.1, 3.11.1	2.8.2, 2.12.2, 2.13.2, 3.11.2	1.4.2, 1.10.2, 1.13.2, 2.4.2, 3.3.2			
	3	1.7.1, 1.19.1, 2.8.1, 2.12.1, 3.3.1, 3.14.1	1.13.1, 2.9.1, 3.9.1, 3.10.2, 3.15.1	1.15.1, 2.14.2, 2.15.2, 2.17.1			
	2	1.5.1, 1.6.1, 1.12.1, 1.18.1, 1.20.1, 1.21.1, 1.22.1, 1.23.1, 2.2.1, 2.3.1, 2.6.1, 2.7.1, 2.14.1, 2.15.1, 2.19.1, 2.20.1, 2.21.1, 3.1.1, 3.2.1, 3.12.1, 3.13.1, 3.17.1, 3.18.1, 3.19.1	1.2.1, 1.2.2, 1.3.1, 1.3.2, 1.4.1, 2.3.1, 2.4.1, 3.5.1	1.6.2, 1.11.1, 1.11.2, 1.12.2, 1.14.1, 1.14.2, 1.16.1, 1.17.1, 2.18.1, 3.8.1, 3.12.2, 3.13.2, 3.16.1			
	1	1.8.1, 1.9.1, 1.9.2, 2.1.1, 2.5.1, 2.10.1, 2.11.1, 3.6.1, 3.9.1, 3.10.1	1.1.1, 1.8.2, 3.7.1	1.10.2, 2.11.2, 3.4.1			

Tabla 74. Jerarquización de riesgos daño infraestructura y producción del Hazop

Consecuencia							
Frecuencia		1	2	3	4	5	6
	6						
	5						
	4	1.10.1, 1.13.2, 2.13.1, 2.16.1, 3.11.1			1.4.2, 1.10.2, 2.4.2, 2.8.2, 2.12.2, 2.13.2, 3.3.2, 3.11.2		
	3	1.7.1, 1.15.1, 1.19.1, 2.8.1, 3.3.1	1.13.1, 1.14.2, 2.17.1, 2.18.1, 3.9.2, 3.10.2, 3.15.1	2.9.1, 2.14.2, 2.15.2			
	2	1.2.1, 1.3.1, 1.4.1, 1.5.1, 1.6.1, 1.11.1, 1.11.2, 1.12.1, 1.12.2, 1.14.1, 1.18.1, 1.20.1, 1.21.1, 1.22.1, 1.23.1, 2.2.1, 2.3.1, 2.4.1, 2.6.1, 2.7.1, 2.14.1, 2.15.1, 2.19.1, 2.20.1, 2.21.1, 2.22.1, 3.1.1, 3.2.1, 3.12.1, 3.13.1, 3.14.1, 3.17.1, 3.18.1, 3.19.1	1.2.2, 1.3.2	1.6.2, 1.16.1, 1.17.1, 3.2.2, 3.5.1, 3.8.1, 3.12.2, 2.13.2, 3.16.1			
	1	1.1.1, 1.8.1, 1.9.1, 1.9.2, 2.1.1, 2.5.1, 2.10.1, 2.11.1, 3.9.1, 3.10.1	1.8.2, 3.7.2	2.10.2, 2.11.1, 2.12.1, 3.4.1, 3.6.1			

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

D. Conclusiones de la jerarquización de los riesgos del análisis Hazop

De la matriz de jerarquización anterior se desprende que de los escenarios identificados ninguno se encuentra en la zona no tolerable, 8 se encuentran en la zona de riesgo indeseable para el daño a la infraestructura y producción; 83 en la zona aceptable con controles, para daño al personal son 30, 34 para impacto ambiental y 21 para daño a la infraestructura y producción y 267 en la zona de riesgo tolerable, para daño al personal 60, para daño a la población 90, para impacto ambiental 55 y para daño a la infraestructura y producción 60.

De acuerdo con el tipo de Zona de Riesgo en que se encuentran los escenarios, es la gravedad y la clase de aceptación del riesgo dentro del estudio, en la tabla siguiente se muestran dichos eventos. En las zonas de tipo A, B, C y D existe la posibilidad del establecimiento de controles adecuados, con un margen de tiempo suficiente, para la eliminación del posible riesgo involucrado en dichas operaciones.

Los riesgos Tipo B los cuales serán analizados mediante metodologías de análisis detallado de frecuencias para determinar su probabilidad. Cabe mencionar que, en esta primera instancia de jerarquización de riesgos, la calificación global no considera las medidas de seguridad con las que cuenta el **STGN**. En la sección de reposicionamiento de los riesgos Sección VII de la Guía **ARSH** se retomarán los riesgos B identificados y se calificarán nuevamente ahora considerando las medidas de seguridad o mitigación con las que se cuenta. Los riesgos Tipo C y D no se volverán a calificar, por considerarse aceptables y de bajo impacto y ser considerados inherentes al **STGN**.

E. Escenarios de los riesgos identificados del análisis Hazop

A continuación, se muestran los escenarios identificados a partir del análisis **HAZOP**.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 75. Escenarios identificados del análisis HAZOP

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
1	ESC_1	Menos Flujo Menos presión Sin seguridad y vigilancia	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad.	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	16	B	4	4	1	Gasoducto de 48"	GN
		Más Corrosión	Corrosión externa debido al efecto de la intemperie o movimiento de los ductos		16		4	4	1		
		Sin seguridad y vigilancia	Golpe al ducto por sabotaje o terceros		12		2	6	1		
2	ESC_2	Más flujo	Aumento de presión en la válvula del patín de medición	Fuga de gas natural en válvula de patín de filtración con riesgo de incendio o explosión	16	B	4	4	2	Estación de compresión CS	GN
3	ESC_3	Menos presión	Ruptura parcial o total de ducto que conduce al patín de filtración o hasta el sistema de regulación o medición	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	16	B	4	4	2		
		Más Corrosión	Corrosión externa debido al efecto de la intemperie o movimiento de los ductos		16		4	4	2		
			Corrosión interna debida a H ₂ S, CO ₂ entre otros		16		4	4	2		
4	ESC_4	Menos Flujo	Ruptura parcial o total de ducto de 48" del STGN.	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	16	B	4	4	3	EMRyC Puerto Liberta	GN
			Corrosión externa debido al efecto de la intemperie o		16		4	4			

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
			movimiento de los ductos, válvulas y bridas								
5	ESC_5	Sin de capacitación	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna de las instalaciones superficiales EMRyCo CS por un operador.	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	8	C	2	4	1	Gasoducto de 48"	GN
6	ESC_6	Cargas externas	Ducto expuesto a la tensión provocada por cargas externas en los cruces con vías de comunicación (autopistas, carreteras, caminos, vías férreas, entre otros).	Fuga de gas natural con posible incendio o explosión	6	C	2	3	1		
			Ducto expuesto a la tensión provocada por esfuerzos por corrientes fluviales o pluviales		6		2	3	1		
7	ESC_7	Riesgo Sanitario	Contagios COVID-19 o bien otro tipo de pandemias que puedan ocurrir en el futuro.	Suspensión de operaciones, pérdidas económica	6	C	3	2	1		
8	ESC_8	Menos flujo	Ruptura parcial o total del ducto que conduce al patín de filtración o hasta el sistema de regulación o medición.	Fuga de gas natural con posible incendio o explosión	6	C	2	3	2	Estación de compresión CS	GN
9	ESC_9	Más presión	Incremento de presión por parte del proveedor de gas natural (FERMACA, CARSO)	Fugas de gas natural en bridas, válvulas, en el sistema de filtración o en el sistema de medición y compresión con	9	C	3	3	2		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
		trabajos deficientes	Trabajos deficientes de soldadura	posibilidad de incendio o explosión	9		3	3	2		
10	ESC_10	Sin capacitación	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna de las instalaciones superficiales CS por un operador.	Ruptura parcial o total de ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte	9	C	3	3	2		
11	ESC_11	Incendio Forestal	Incendio en los alrededores	Debilitamiento de ductos. Aumento en la presión de suministro de gas natural en el sistema de transporte	6	C	3	2	2		
12	ESC_12	Fenómeno Geológico	Sismos mayores a 7 grados Richter	Debilitamiento mecánico del ducto por esfuerzos provocados por sismos, que pueden derivar en una ruptura parcial o total con posible incendio o explosión.	6	C	2	3	2		
13	ESC_13	Más Flujo	Incremento de flujo en la línea de suministro al sistema de regulación en la primera etapa	Sobrepresión en el sistema de recepción de la ERM con posible fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	6	C	2	3	3	EMRyC Puerto Liberta	GN
14	ESC_14	Menos presión	Ruptura parcial o total del ducto de la línea de derivación sistema de regulación de la primera o segunda etapa.	Fuga de GN en tubo de la ERM con riesgo de incendio o explosión	6	C	2	3	3		
15	ESC_15	Menos Mantenimiento	No se realiza mantenimiento por falta de programación, recursos humanos o financieros.	Fuga de gas natural en válvulas, bridas y tuberías con riesgo de incendio o explosión	6	C	2	3	3		
			Se realiza mantenimiento diferente al requerido o con productos fuera de		6		3	2	3		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
			especificación para el tipo de trabajo								
16	ESC_16	Deficiente trabajos	Trabajos deficientes de soldadura en instalaciones estaciones de regulación y medición	Trabajos deficientes de soldadura en instalaciones estaciones de regulación y medición	6	C	2	3	3		
17	ESC_17	Sin de capacitación	Golpe a ducto superficial en su llegada a la EMRYC por un operador	Fuga de GN en tubo de la EMRYC con riesgo de incendio o explosión	6	C	2	3	3		
18	ESC_18	Incendio Forestal	Incendio en los alrededores	Debilitamiento de ductos. Aumento en la presión de suministro de gas natural en el sistema de transporte	6	C	3	2	3		
19	ESC_19	Fenómeno Geológico	Sismos mayores a 7 grados Richter	Debilitamiento mecánico del ducto por esfuerzos provocados por sismos, que pueden derivar en una ruptura parcial o total con posible incendio o explosión.	6	C	2	3	3		
20	ESC_20	No flujo Menos flujo	Bloqueo manual indebido por comisión u omisión en válvula de seccionamiento (MLV-60100, MLV-60101, MLV-60102, MLV-60103, MLV-10404, MLV-60205, MLV-60206, MLV-60207, MLV-60208, MLV-20409, MLV-60310, MLV-60311, MLV-60312, MLV-60313, MLV-60314, MLV-60315, MLV-30416, MLV-60417, MLV-60418, MLV-60419, MLV-60420, MLV-40421, MLV-60522, MLV-60523, MLV-60524, MLV-60525, MLV-60526).	Sin suministro de gas natural al sistema de transporte Frontera – Puerto Libertad en el segmento posterior a la MLV bloqueada. Aumento de presión en el segmento anterior a la MLV bloqueada con potencial falla de la tubería, liberación de gas, incendio o explosión	2	D	2	1	1	Gasoducto de 48"	GN

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
21	ESC_21	Más flujo	Mayor demanda de gas por aumento de consumo de la planta de Licuefacción	Disminución del flujo de gas a algún proveedor Waha, FERMACA o CARSO. Disminución de la presión en el sistema.	2	D	2	1	1		
22	ESC_22	Más Presión	Descontrol operacional en estación de compresión CS1, CS2, CS3 o CS4	Presurización del segmento del sistema de transporte posterior a la estación de compresión que presenta la falla.	3	D	3	1	1		
23	ESC_23	Menos Mantenimiento	No se realiza mantenimiento por falta de programación, recursos humanos o financieros	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas	1	D	1	1	1		
				Fuga de gas natural en válvulas, bridas y tuberías con riesgo de incendio o explosión	2		1	2	1		
			Se realiza mantenimiento diferente al requerido o con productos fuera de especificación para el tipo de trabajo	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas	1	D	1	1	1		
				Fuga de gas natural en válvulas, bridas y tuberías con riesgo de incendio o explosión	2		1	2	1		
24	ESC_24	Más Corrosión	Corrosión externa debido al efecto de la intemperie o movimiento de los ductos	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas	4	D	4	1	1		
25	ESC_25	Deficiente trabajos	Trabajos deficientes de soldadura	Sin suministro de gas natural al sistema de transporte Frontera – Puerto Libertad	2	D	2	1	1		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
26	ESC_26	Sin de capacitación	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna de las instalaciones superficiales EMRyC o CS por un operador	Sin suministro de gas natural al sistema de transporte Frontera – Puerto Libertad	2	D	2	1	1		
27	ESC_27	Fenómeno Geológico	Sismos mayores a 7 grados Richter	Debilitamiento mecánico del ducto por esfuerzos provocados por sismos, que pueden derivar en una ruptura parcial o total con posible incendio o explosión.	4	D	2	2	1		
28	ESC_28	Incendio Forestal	Incendio en los alrededores	Debilitamiento de ductos. Aumento en la presión de suministro de gas natural en el sistema de transporte	3	D	3	1	1		
29	ESC_29	Fenómeno climático	Tormenta Eléctrica	Afectación mecánica a las instalaciones superficiales por caída de rayo	2	D	2	1	1		
30	ESC_30	Riesgo eléctrico	Pérdida de energía eléctrica por falta de suministro del proveedor del servicio, falla de equipo eléctrico, condiciones climáticas adversas o vandalismo	Pérdida de comunicaciones de seguimiento y control del sistema SCADA	2	D	2	1	1		
31	ESC_31	Fenómeno Climático	Inundaciones por fuertes lluvias	Temporalmente se restringen accesos a interconexiones	2	D	2	1	1		
32	ESC_31	Producto fuera de especificación	GN que no cumple con las especificaciones requeridas	Suministro parcial a la planta de Licuefacción	2	D	2	1	1		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
33	ESC_33	No Flujo	Sin suministro de gas natural en interconexión por parte del proveedor	Sin suministro de GN en al Sistema de Transporte Frontera – Puerto Libertad	1	D	1	1	2	Estación de compresión CS	GN
		Sin presión Menos presión	La válvula de línea de derivación o válvula del patín de filtración se encuentran cerradas		2	D	2	1	2		
34	ESC_34	Menos flujo Menos presión	Ruptura parcial o total del ducto que conduce al patín de filtración o hasta el sistema de regulación o medición	Sin suministro de GN en al Sistema de Transporte Frontera – Puerto Libertad.	2	D	2	1	2		
			Aumento de presión en la válvula del patín de medición	Sin suministro de GN en al Sistema de Transporte Frontera – Puerto Libertad.	2		2	1	2		
		Más flujo Menos Mantenimiento	No se realiza mantenimiento por falta de programación, recursos humanos o financieros.	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas.	1		1	1	2		
				Fuga de gas natural en válvulas, bridas y tuberías con riesgo de incendio o explosión	2		2	1	2		
35	ESC_35	Menos mantenimiento	Se realiza mantenimiento diferente al requerido o con productos fuera de especificación para el tipo de trabajo	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas.	1	D	1	1	2		
				Fuga de gas natural en válvulas, bridas y tuberías con riesgo de incendio o explosión	2		2	1	2		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
36	ESC_36	Más Corrosión	Corrosión externa debido al efecto de la intemperie o movimiento de los ductos	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas.	3	D	3	1	2		
			Corrosión interna debida a H ₂ S, CO ₂ entre otros		4		4	1	2		
37	ESC_37	Deficiente trabajos	Trabajos deficientes de soldadura	Sin suministro de gas natural al sistema de transporte Frontera – Puerto Libertad.	2	D	2	1	2		
38	ESC_38	Sin capacitación	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna de las instalaciones superficiales CS por un operador.	Sin suministro de gas natural al sistema de transporte Frontera – Puerto Libertad.	2	D	2	1	2		
39	ESC_39	Riesgo Sanitario	Contagios COVID-19 o bien otro tipo de pandemias que puedan ocurrir en el futuro.	Suspensión de operaciones, perdidas económica	4	D	4	1	2		
40	ESC_40	Riesgo eléctrico	Pérdida de energía eléctrica por falla en los equipos de suministro, falla de equipo eléctrico, condiciones climáticas adversas o vandalismo.	Pérdida de comunicaciones de seguimiento y control del sistema SCADA	2	D	2	1	2		
41	ESC_41	Fenómeno climático	Tormenta Eléctrica	Afectación mecánica a las instalaciones superficiales por caída de rayo	2	D	2	1	2		
42	ESC_42	Fenómeno Climático	Inundaciones por fuertes lluvias	Temporalmente se restringen accesos a CS.	2	D	2	1	2		
43	ESC_43	Producto fuera de especificación	GN que no cumple con las especificaciones requeridas	Suministro parcial a la planta de Licuefacción	2	D	2	1	2		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
44	ESC_44	No flujo Menos flujo	Bloqueo manual indebido por comisión u omisión en válvula troncal	Sin suministro de gas natural a cliente	1	D	1	1	3	EMRyC Puerto Liberta	GN
			Bloqueo manual indebido por comisión u omisión en válvula troncal		2		2	1	3		
			Bloqueo manual indebido por comisión u omisión en válvula troncal		3		3	1	3		
			Taponamiento de filtros por impurezas en el gas natural		1		1	1	3		
45	ESC_45	Menos Temperatura	Descenso de temperatura a causa del efecto de Joule-Thomson al permitir que el sistema se expanda libremente manteniendo la entalpía constante	Congelamiento de tuberías, aumento de corrosión con posibilidad de fuga, incendio o explosión	1	D	1	1	3		
46	ESC_46	Sin presión	La válvula de la línea de alimentación del patín de regulación de la segunda etapa se encuentra cerradas	Pérdidas ocasionadas por falta de suministro de GN a la Planta de Licuefacción.	2	D	1	2	3		
47	ESC_47	Menos Mantenimiento	No se realiza mantenimiento por falta de programación, recursos humanos o financieros.	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas	1	D	1	1	3		
			Se realiza mantenimiento diferente al requerido o con productos fuera de especificación para el tipo de trabajo		3		3	1	3		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Clave del escenario	Desviación	Causa	Consecuencia	Nivel de riesgo	Región de Riesgo	Frecuencia	Consecuencia	Nodo	Instalación	Sustancia
48	ESC_48	Más Corrosión	Corrosión externa debido al efecto de la intemperie o movimiento de los ductos	Paro operativo. Afectaciones a las tuberías por corrosión. Gastos de operación por reparaciones continuas.	4	D	4	1	3		
49	ESC_49	Deficiente trabajos	Trabajos deficientes de soldadura en instalaciones estaciones de regulación y medición	Sin suministro de gas natural al usuario del sistema de transporte Frontera – Puerto Libertad	2	D	2	1	3		
		Sin de capacitación	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna EMRyCpor un operador		2		2	1	3		
50	ESC_50	Riesgo eléctrico	Pérdida de energía eléctrica por falla en el equipo de suministro de energía , falla de equipo eléctrico, condiciones climáticas adversas o vandalismo.	Pérdida de comunicaciones de seguimiento y control del sistema SCADA	2	D	2	1	3		
51	ESC_51	Fenómeno climático	Tormenta Eléctrica	Afectación mecánica a las instalaciones superficiales por caída de rayo	2	D	2	1	3		
52	ESC_52	Fenómeno climático	Fenómeno Climático	Inundaciones por fuertes lluvias	2	D	2	1	3		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 76. Escenarios identificados al análisis de frecuencias

Escenario	Desviación	Descripción	Nivel de riesgos	Nivel de riesgo	Nodo	Consecuencia
ESC_1	Menos Flujo Menos presión Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) Más corrosión	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad	B	16	1	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión
ESC_2	Más flujo	Aumento de presión en la válvula del patín de medición de la CS1 y CS4			2	Fuga de gas natural en válvula de patín de filtración con riesgo de incendio o explosión
ESC_3	Menos presión Menos Flujo Más Corrosión	Ruptura parcial o total de ducto que conduce al patín de filtración o hasta el sistema de medición, compresión o regulación en CS o EMRyC			2 y 3	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión
ESC_4	Más Presión	Aumento de presión en la válvula de descarga del cabezal salida de alta presión de la CS4.			2	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga del cabezal de salida de alta presión con riesgo de incendio o explosión.

Tabla 77. Eventos de riesgo identificados para el análisis de consecuencias

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
Transporte de GN por un gasoducto de 48" Ø de aproximadamente 800+000, con un flujo de 2834 MMPCSD con una presión de 1440 del 0+00 hasta 632+00 psig y de 1600 632+00 hasta 800+00.						
EVE_1_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60100-MLV-60101	30,750
EVE_2_GAS		20% (CMP)				
EVE_3_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60101-MLV-60102	30,100
EVE_4_GAS		20% (CMP)				
EVE_5_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60102-MLV-60103	30,600
EVE_6_GAS		20% (CMP)				
EVE_7_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60103-MLV-10404	27,750
EVE_8_GAS		20% (CMP)				

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
EVE_9_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-10404-MLV-60205	32,000
EVE_10_ GAS		20% (CMP)				
EVE_11_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60205-MLV-60206	32,000
EVE_12_ GAS		20% (CMP)				
EVE_13_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60206-MLV-60207	32,000
EVE_14_ GAS		20% (CMP)				
EVE_15_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60207-MLV-60208	31,000
EVE_16_ GAS		20% (CMP)				
EVE_17_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60208-MLV-20409	32,000
EVE_18_ GAS		20% (CMP)				
EVE_19_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-20409-MLV-60310	26,200
EVE_20_ GAS		20% (CMP)				
EVE_21_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60310-MLV-60311	27,400
EVE_22_ GAS		20% (CMP)				
EVE_23_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60311-MLV-60312	31,350
EVE_24_ GAS		20% (CMP)				
EVE_25_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60312-MLV-60313	27,700
EVE_26_ GAS		20% (CMP)				
EVE_27_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60313-MLV-60314	31.100
EVE_28_ GAS		20% (CMP)				
EVE_29_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60314-MLV-60315	30,250
EVE_30_ GAS		20% (CMP)				
EVE_31_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60315-MLV-30416	20,800
EVE_32_ GAS		20% (CMP)				
EVE_33_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-30416-MLV-60417	31.400
EVE_34_ GAS		20% (CMP)				
EVE_35_ GAS		100% (PC)	1600	2834		32,000

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
EVE_36_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	20% (CMP)			MLV-60417-MLV-60418	
EVE_37_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60418-MLV-60419	32,000
EVE_38_GAS		20% (CMP)				
EVE_39_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60419-MLV-60420	32,000
EVE_40_GAS		20% (CMP)				
EVE_41_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60420-MLV-40421	31,800
EVE_42_GAS		20% (CMP)				
EVE_43_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-40421-MLV-60522	29,100
EVE_44_GAS		20% (CMP)				
EVE_45_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60522-MLV-60523	27,750
EVE_46_GAS		20% (CMP)				
EVE_47_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60523-MLV-60524	28,650
EVE_48_GAS		20% (CMP)				
EVE_49_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60524-MLV-60525	26,900
EVE_50_GAS		20% (CMP)				
EVE_51_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60525-MLV-60526	28,150
EVE_52_GAS		20% (CMP)				
EVE_53_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60526-EMRyC	27,650
EVE_54_GAS		20% (CMP)				
Estaciones de Compresión CS1 y CS4						
EVE_55_CS1	Fuga de GN por la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara con riesgo de incendio o explosión.	2" (CA)	1440	2834	CS1	500
EVE_56_CS4	Fuga de GN por la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Samalayuca - Sásabe con riesgo de incendio o explosión.	2" (CA)	1440	2834	CS4	500

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
EVE_57_CS4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4.con riesgo en la incendio o explosión.	28" (PC)	1600	2834	CS4	50
CS1, CS2, CS3, CS4, EMRyC						
EVE_58_CS1	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS1	50
		20% (CMP)				
EVE_59_CS2	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS2	50
		20% (CMP)				
EVE_60_CS3	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS3	50
		20% (CMP)				
EVE_61_CS4	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS4	50
		20% (CMP)				
EVE_62_EMRYC	Fuga de GN por la tubería de 36" Ø que conecta hacia un brazo del patín de regulación con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1600	2834	EMRyC PUERTO LIBERTAD	60
		20% (CMP)				

V. ANÁLISIS CUANTITATIVO DE RIESGOS

V.1 ANÁLISIS DE ÁRBOL DE FALLAS

Para aquellos escenarios de riesgo identificados dentro de las regiones de riesgo **ALARP** y no tolerable se realizó un análisis detallado de frecuencias y para algunos que son de interés particular. La metodología seleccionada para este análisis fue el árbol de fallas por ser considerada pertinente y aplicable, de conformidad con las características del **STGN**.

El árbol de falla se utiliza para cuantificar las consecuencias de accidente. Un árbol de sucesos refleja los posibles caminos de éxito y de fracaso en el tratamiento de la secuencia accidental que deriva de un suceso iniciador determinado, como el paro indeseado de un proceso. Esto se realiza conociendo al iniciador del evento. Este análisis considera que el operador y el responsable del sistema de seguridad están fuera al iniciarse algún evento. El resultado de este análisis es un conjunto secuencial de fallas y errores que definen todas las posibles salidas de un incidente.

A. Metodología de árbol de fallas

El análisis de árbol de fallas (**FTA**, por sus siglas en inglés (Fault Tree Analysis) es una herramienta

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

gráfica para explorar las causas de fallas a nivel del sistema. Utiliza lógica booleana para combinar una serie de eventos de nivel inferior y es básicamente un enfoque de arriba hacia abajo para identificar las fallas de nivel de componente (evento básico) que causan que ocurra la falla de nivel del sistema (evento superior). El análisis del árbol de fallas consta de dos elementos "eventos" y "puertas lógicas" que conectan los eventos para identificar la causa del evento superior no deseado.

El análisis del árbol de fallas se puede utilizar para realizar todo tipo de procesos de evaluación de riesgos a nivel del sistema. El propósito de **FTA** es identificar de manera efectiva la (s) causa (s) de falla del sistema y mitigar los riesgos antes de que ocurra. Esta es una herramienta invaluable para sistemas complejos que muestra visualmente la forma lógica de identificar el problema. Además, la eficiencia del sistema se puede lograr mediante este análisis.

El árbol de fallas utiliza puertas lógicas para realizar el análisis. Existen numerosos símbolos **FTA**, pero estos se dividen en dos categorías, símbolos de evento y símbolos de puerta.

Tabla 78. Símbolos de eventos en FTA

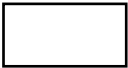
No.	Símbolo de evento	Descripción
1		Evento primario o básico de falla. Es un evento aleatorio y hay suficientes datos disponibles
2		Estado del evento del sistema, subsistema o componente.
3		Fallo secundario o evento en desarrollo, se puede explorar más a fondo.
4		Evento condicional y está asociado con la ocurrencia de algún otro evento
5		Evento de la casa que representa la ocurrencia o no ocurrencia de un evento.
6	entrada   salida	Transferir entradas y salidas de símbolos utilizados para replicar una rama o subárbol del FTA.

Tabla 79. Símbolos de puertas en el FTA

No.	Símbolo de evento	Descripción
1	Puerta final 	El evento de salida ocurre cuando ocurren todos los eventos de entrada.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Símbolo de evento	Descripción
2	Puerta 	El evento de salida ocurre cuando ocurre al menos uno de los eventos de entrada
3	Prioridad y Puerta 	El evento de salida ocurre cuando todos los eventos de entrada ocurren en el orden de izquierda a derecha.
4	Exclusivo o Puerta 	El evento de salida ocurre si ocurre alguno de los dos eventos de entrada, pero no ambos.
5	Inhibir Puerta 	El evento de salida ocurre cuando ocurre el evento de entrada y se cumplen las condiciones satisfactoriamente.

B. Procedimiento de árbol de fallas

- Definir la falla principal que se analizará, en otras palabras, identificar el evento superior no deseado.
- Identificar los contribuyentes de primer nivel que están justo por debajo del nivel superior utilizando la información técnica disponible.
- Vincular estos contribuyentes al evento de nivel superior mediante el uso de puertas lógicas (puertas Y, O), y también ver la relación, de modo que ayude a identificar la puerta lógica apropiada
- Identificar los contribuyentes de segundo nivel y vincularlos a la parte superior mediante el uso de puertas lógicas.
- Identificar el conjunto de cortes mínimo
- Repita los mismos pasos hasta las causas básicas
- Finalmente completar y evaluar el **FTA**
- Calcular la probabilidad de ocurrencia de elementos de nivel más bajo y también medir las probabilidades de abajo hacia arriba

C. Análisis de árbol de fallas

El evento superior indeseable ocurre si ocurre uno o más de los conjuntos de cortes mínimos, por lo tanto, el objetivo principal es identificar los conjuntos de cortes mínimos. Además, si todos los cortes mínimos son independientes entre sí, entonces podríamos calcular la probabilidad del evento superior indeseable.

El Suceso Top: **INCENDIO O EXPLOSIÓN** puede ser producido solo por uno de los sucesos intermedios, los cuales son las entradas de la puerta A, entonces las combinaciones de acuerdo a lo establecido en el árbol de fallos y errores son las siguientes.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

ÁRBOL A

$$P(A) = P(B) * P(C)$$

Siguiendo en el árbol las puertas B y C se subdividen en árboles por lo tanto vamos a analizar el ramal o el subárbol de la puerta B.

SUBÁRBOL B

Combinaciones de los sucesos básicos que pertenecen a la Puerta (B):

$$P(B) = P(D) + P(E)$$

PUERTA D

$$P(D) = \prod_{j=1}^k (P_j(t))$$

PUERTA E

$$P(E) = \prod_{j=1}^k (P_j(t))$$

Donde:

P_j = es la probabilidad de falla del conjunto de cortes mínimos.

PUERTA C

$$P(C) = \text{Probabilidad } n$$

D. Sucesos para el análisis de árbol de fallas

Los escenarios para el análisis de fallas son los que se encuentran en la zona ALARP, los cuales se encuentran en la tabla siguiente.

Tabla 80. Escenarios para la metodología de árbol de fallas

No.	Evento	Desviación	Suceso
1	ESC_1	Menos Flujo, Menos presión, Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) y Más corrosión	Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.
2	ESC_2	Más flujo	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.
3	ESC_3	Menos presión, Menos Flujo y Más Corrosión	Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.
4	ESC_4	Más presión	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo de incendio o explosión.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Para que se produzca esta fuga de gas natural inaceptable y subsiguiente estallido e incendio, es necesario que se presenten dos sucesos simultáneamente:

- Que haya fallado la salvaguarda (Sistema SCADA, Válvula de seccionamiento, Válvula de cierre manual, Sistema Básico de Proceso, Paro de emergencia entre otros)
- Que falla sea de la tubería y accesorio de conexión por deficiencias en el diseño, construcción o materiales, errores humanos, daño por terceros, o deficiencias por falta de mantenimiento o corrosión.

E. Valores de frecuencias de falla en equipos y accesorios

Tabla 81. Frecuencias de falla para el suceso 1

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
1	Inundación lluvia torrencial	1.40E-02	Guidelines for Process Equipment Reliability Data with Data Tablas, AIChE, 1998
2	Incendio forestal o cerca de la instalación	1.00E-04	Smith, T.A and Warwick, RG
3	Golpe con maquinaria pesada	3.70E-03	kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.
4	Impacto de algún vehículo	1.00E-03	kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.
5	Error humano	1.00E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
6	Daños por terceros	3.70E-03	kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.
7	Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.0E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error
8	Falla de sistema básico de procesos (Sistema de Control Automatizado)	1.0E-05	EXIDA IEC 61508 Functional Safety Assessment
9	Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.0E-05	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
10	Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-03	kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.
11	Falla de soldadura en accesorios y tuberías	3.00 E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
12	Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03	kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.
13	Falta de inspecciones de seguridad	3.7E-03	kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
14	Intemperismo extremo	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
15	Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.14 E-04	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
16	Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
17	Falla de válvula de corte de suministro (ESDV)	1.30E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
18	Falla de válvulas de seccionamiento (MLV's)	1.00E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
19	Falla de Sistema de Paro de Emergencia (SPE)	1.24E-03	OREDA 2009 Pág.481
20	Falla de Sistema de Fuego y Gas (SFG)	0.1	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
21	Falla Sistema Scada	1.0E-05	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
22	Falla de Detección de Fugas (SDF)	1.0E-03	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
23	Falla de válvula Reguladora de Presión (FVC)	1.00E-03	OREDA 2009 Pág. 616

Tabla 82. Frecuencias de falla para el suceso 2

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
1	Falla de válvula Reguladora de Presión (FVC)	1.00E-03	OREDA 2009 Pág. 616
2	Fallo de indicador de presión	2.51E-02	Risk analysis (Rijnmond public authority).
3	Falla Sistema Scada	1.0E-05	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
4	Falla de sistema básico de procesos (Sistema de Control Automatizado)	1.0E-05	EXIDA IEC 61508 Functional Safety Assessment
5	Falla de Sistema de Fuego y Gas (SFG)	0.1	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
6	Falla de Sistema de Paro de Emergencia (SPE)	1.24E-03	OREDA 2009 Pág.481
7	Falla de válvula de corte de suministro (ESDV)	1.30E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
8	Falla de Detección de Fugas (SDF)	1.0E-03	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
9	Falla de válvula de seguridad	1.30E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
10	Falla de válvula Reguladora de Flujo (FVQ)	1.00E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
11	Falla de transmisor indicador de temperatura (TIT)	2.51E-02	Risk analysis (Rijnmond public authority).
12	Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.0E-05	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
13	Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-03	kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.
14	Falla de soldadura en accesorios y tuberías	3.00 E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
15	Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.0E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error
16	Error humano	1.00E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
17	Falla del generador de emergencia	7.36E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
18	Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03	kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.
19	Falta de inspecciones de seguridad	3.7E-03	kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.
20	Intemperismo extremo	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
21	Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.14 E-04	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
22	Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998

Tabla 83. Frecuencias de falla para el suceso 3

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
1	Falla de válvula Reguladora de Presión (FVC)	1.00E-03	OREDA 2009 Pág. 616
2	Fallo de indicador de presión	2.51E-02	Risk analysis (Rijnmond public authority).
3	Falla Sistema Scada	1.0E-05	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
4	Falla de sistema básico de procesos (Sistema de Control Automático)	1.0E-05	EXIDA IEC 61508 Functional Safety Assessment
5	Falla de Sistema de Fuego y Gas (SFG)	0.1	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
6	Falla de Sistema de Paro de Emergencia (SPE)	1.24E-03	OREDA 2009 Pág.481
7	Falla de válvula de corte de suministro (ESDV)	1.30E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
8	Falla de Detección de Fugas (SDF)	1.0E-03	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
9	Falla de válvula de seguridad	1.30E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
10	Falla de válvula Reguladora de Flujo (FVQ)	1.00E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
11	Falla de transmisor indicador de temperatura (TIT)	2.51E-02	Risk analysis (Rijnmond public authority).
12	Inundación lluvia torrencial	1.40E-02	Guidelines for Process Equipment Reliability Data with Data Tablas, AIChE, 1998
13	Incendio forestal o cerca de la instalación	1.00E-04	Smith, T.A and Warwick, RG
14	Golpe con maquinaria pesada	3.70E-03	Kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.
15	Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.0E-05	Trevor A. Kletz an Engineer’s View of Human Error.
16	Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-03	Kletz T.A. “Specifying and Designing Protective System”.
17	Falla de soldadura en accesorios y tuberías	3.00 E-02	Trevor A. Kletz an Engineer’s View of Human Error.
18	Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.0E-02	Trevor A. Kletz an Engineer’s View of Human Error

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
19	Error humano	1.00E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
20	Falla del generador de emergencia	7.36E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
21	Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
22	Falta de inspecciones de seguridad	3.7E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
23	Intemperismo extremo	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
24	Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.14 E-04	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
25	Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998

Tabla 84. Frecuencias de falla para el suceso 4.

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
1	Falla de válvula Reguladora de Presión (FVC)	1.00E-03	OREDA 2009 Pág. 616
2	Fallo de indicador de presión	2.51E-02	Risk analysis (Rijnmond public authority).
3	Falla Sistema Scada	1.0E-05	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
4	Falla de sistema básico de procesos (Sistema de Control Automátizado)	1.0E-05	EXIDA IEC 61508 Functional Safety Assessment
5	Falla de Sistema de Fuego y Gas (SFG)	0.1	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs
6	Falla de Sistema de Paro de Emergencia (SPE)	1.24E-03	OREDA 2009 Pág.481
7	Falla de válvula de corte de suministro (ESDV)	1.30E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
8	Falla de Detección de Fugas (SDF)	1.0E-03	IEC-61511-3 Table F.3 – Typical protection layer (prevention and mitigation) PFDs

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

No.	Evento de falla	Probabilidad	Fuente o bibliografía consultada
9	Falla de válvula de seguridad	1.30E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
10	Falla de válvula Reguladora de Flujo (FVQ)	1.00E-03	Risk analysis (Rijnmond public authority).
11	Falla de transmisor indicador de temperatura (TIT)	2.51E-02	Risk analysis (Rijnmond public authority).
12	Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.0E-05	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
13	Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
14	Falla de soldadura en accesorios y tuberías	3.00 E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
15	Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.0E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error
16	Error humano	1.00E-02	Trevor A. Kletz an Engineer's View of Human Error.
17	Falla del generador de emergencia	7.36E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
18	Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
19	Falta de inspecciones de seguridad	3.7E-03	kletz T.A. "Specifying and Designing Protective System".
20	Intemperismo extremo	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
21	Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.14 E-04	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998
22	Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02	Guidelines for Process Equipment Realibility Data with Data Tablas, AICHE, 1998

F. Resultados del análisis de árbol de fallas

Tabla 85. Solución al árbol de fallas suceso 1.

SUCESO 1: Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	
Falla Mecánica	2.59E-04

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

SUCESO 1: Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.

Evento extra-operacional					6.08E-02
Inundación lluvia torrencial	1.40E-02	Evento extra-operacional	2.08E-02		
Incendio Forestal	1.00E-04				
Daño por terceros	2.00E-03				
Golpe con maquinaria pesada	3.70E-03				
Impacto de algún vehículo	1.00E-03				
Evento Operacional					
Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.00E-03	Diseño	2.00E-03	4.00E-02	
Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-02	Integridad mecánica	1.10E-02		
Falla de soldadura en accesorios y tuberías	1.00E-03				
Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03	Corrosón externa	1.40E-02		
Falta de inspecciones de seguridad	3.00E-03				
Intemperismo extremo	1.00E-02				
Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.00E-03	Corrosón interna	1.10E-02		
Aumento de corrosión tipo Pitting	1.00E-02				
Aplicación deficiente del mantenimiento	1.00E-03	Mantenimiento	1.00E-03		
Error humano	1.00E-03	Eror humano	1.00E-03		
Falla del control de salvaguardas					
Falla de Control					4.26E-03
Falla de SCADA	1.00E-05	Falla de control	4.26E-03		
Falla de válvula reguladora de presión (FVC)	1.00E-03				

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

SUCESO 1: Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.					
Falla de válvulas de corte de suministro (ESDV)	1.00E-03				
Falla del SISTEMA básico de Proceso	1.00E-05				
Falla de válvula de seccionamiento (MLV's)	1.00E-03				
Falla del Sistema de Paro de Emergencia	1.24E-03				
Falla del Sistema de Detección de Fugas	1.00E-03				
Falla del Sistema de Fuego y Gas	1.00E-05				

Tabla 86. Solución al árbol de fallas suceso 2.

Suceso 2: Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.					
Falla Operacional				4.86E-04	
Evento extra-operacional			4.97E-02		
Falla del generador de emergencia	7.36E-03				7.36E-03
Evento Operacional					
Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.50E-03	Diseño			2.50E-03
Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-02	Integridad mecánica			1.10E-02
Falla de soldadura en accesorios y tuberías	1.00E-03				
Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03	Corrosión externa			1.40E-02
Falta de inspecciones de seguridad	3.00E-03				
Intemperismo extremo	1.00E-02				
Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.40E-04	Corrosión interna			1.01E-02
Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02				
Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.72E-03	Mantenimiento	3.72E-03		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Suceso 2: Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.					
Error humano	1.00E-03	Error humano	1.00E-03		
Falla del control de salvaguardas					
Falla de Control					
Falla válvula reguladora de presión (FVC)	1.00E-03	Falla de control	9.77E-03	9.77E-03	
Falla de indicador de presión (PIT)	2.50E-03				
Falla sistema SCADA	1.00E-05				
Falla de sistema básico de proceso (SBP)	1.00E-05				
Falla de Sistema de Paro de Emergencia (SPE)	1.24E-03				
Falla de válvula de corte de suministro (ESDV)	1.00E-03				
Falla de detección de fugas (SDF)	1.00E-03				
Falla de válvula de seguridad (PSV)	1.00E-03				
Falla de válvula reguladora de flujo	1.00E-03				
Falla de transmisor indicador de temperatura (TIT)	1.00E-03				
Falla de Sistema de Fuego y Gas (SFG)	1.00E-05				

Tabla 87. Solución al árbol de fallas suceso 3.

Suceso 3:Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.						
Falla Mecánica/eléctrica				6.53E-04		
Evento extra-operacional			1.71E-02			6.68E-02
Inundación lluvia torrencial	1.40E-02	Evento extra-operacional				
Incendio forestal o cerca de la instalación	1.00E-04					
Golpe con maquinaria pesada	3.00E-03					
Impacto de algún vehículo	2.00E-07					
Falla de suministro de EE						

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Suceso 3:Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.					
Falla del generador de emergencia	7.36E-03		7.36E-03		
Evento Operacional					
Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.50E-03	Diseño	2.50E-03		
Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-02	Integridad mecánica	1.10E-02		
Falla de soldadura en accesorios y tuberías	1.00E-03				
Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03	Corrosión externa	1.40E-02		
Falta de inspecciones de seguridad	3.00E-03				
Intemperismo extremo	1.00E-02				
Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.40E-04	Corrosión interna	1.01E-02		
Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02				
Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.72E-03	Mantenimiento	3.72E-03		
Error humano	1.00E-03	Error humano	1.00E-03		
Falla del control de salvaguardas					
Falla de Control					
Falla válvula reguladora de presión (FVC)	1.00E-03	Falla de control	9.77E-03		
Falla de indicador de presión (PIT)	2.50E-03				
Falla sistema SCADA	1.00E-05				
Falla de sistema básico de proceso (SBP)	1.00E-05				
Falla de Sistema de Paro de Emergencia (SPE)	1.24E-03				
Falla de válvula de corte de suministro (ESDV)	1.00E-03				
Falla de detección de fugas (SDF)	1.00E-03				

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Suceso 3: Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.					
Falla de válvula de seguridad (PSV)	1.00E-03				
Falla de válvula reguladora de flujo	1.00E-03				
Falla de transmisor indicador de temperatura (TIT)	1.00E-03				
Falla de Sistema de Fuego y Gas (SFG)	1.00E-05				

Tabla 88. Solución al árbol de fallas suceso 4.

Suceso 4: Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4.con riesgo en la incendio o explosión.					
Falla Operacional				4.86E-04	
Evento extra-operacional			4.97E-02		
Falla del generador de emergencia	7.36E-03				7.36E-03
Evento Operacional					
Deficiencia de diseño y construcción/falla de materiales	2.50E-03	Diseño			2.50E-03
Falta de integridad mecánica de equipos	1.00E-02	Integridad mecánica			1.10E-02
Falla de soldadura en accesorios y tuberías	1.00E-03				
Falta de recubrimientos anticorrosivos	1.00E-03	Corrosión externa			1.40E-02
Falta de inspecciones de seguridad	3.00E-03				
Intemperismo extremo	1.00E-02				
Fragilidad de materiales por arrastre de impurezas	1.40E-04	Corrosión interna			1.01E-02
Aumento de corrosión tipo pitting	1.00E-02				
Deficiencias de mantenimiento e inspección	3.72E-03	Mantenimiento			3.72E-03
Error humano	1.00E-03	Error humano			1.00E-03
Falla del control de salvaguardas					
Falla de Control			9.77E-03		

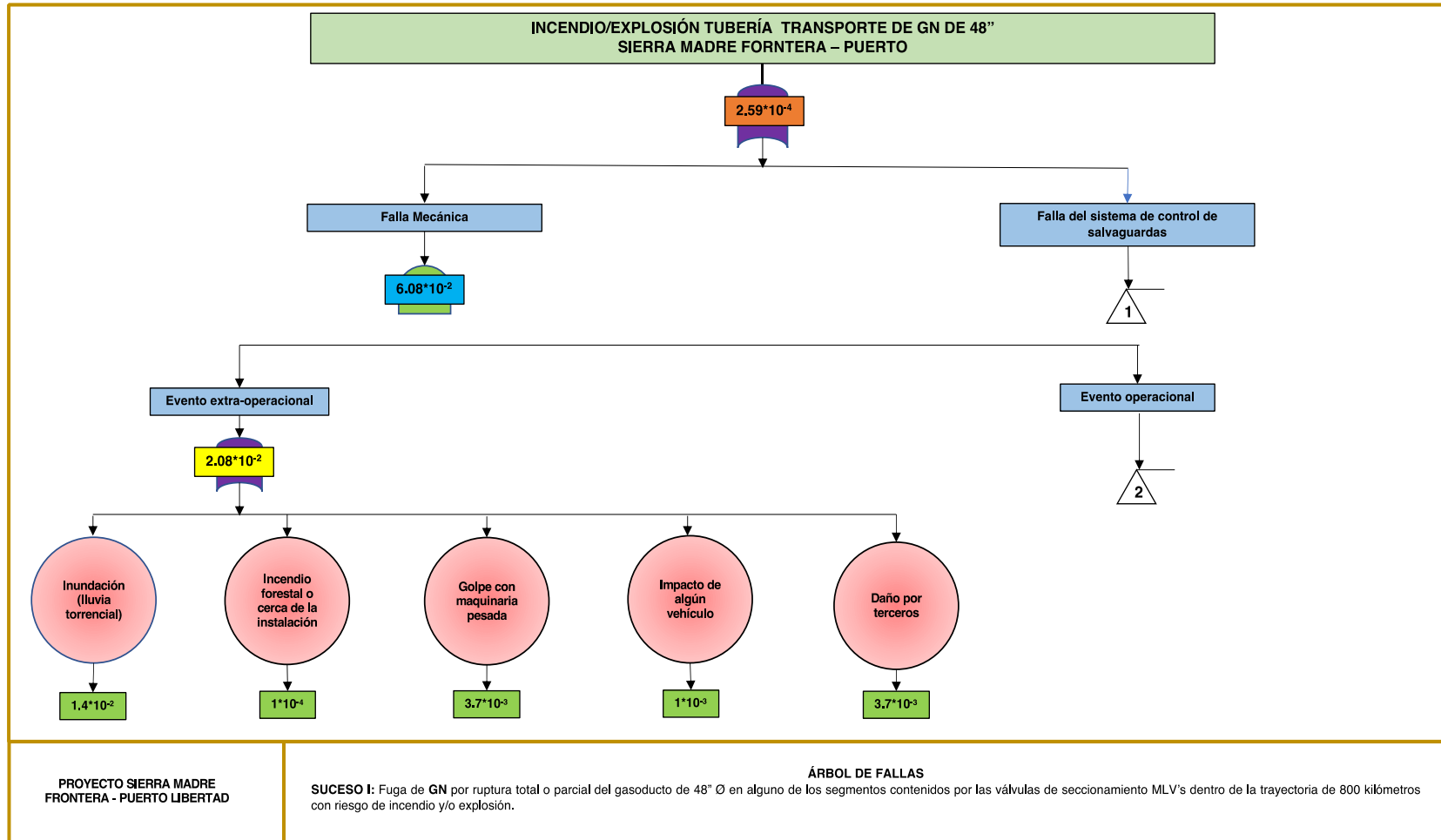
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Suceso 4: Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4.con riesgo en la incendio o explosión.					
Falla válvula reguladora de presión (FVC)	1.00E-03	Falla de control	9.77E-03		
Falla de indicador de presión (PIT)	2.50E-03				
Falla sistema SCADA	1.00E-05				
Falla de sistema básico de proceso (SBP)	1.00E-05				
Falla de Sistema de Paro de Emergencia (SPE)	1.24E-03				
Falla de válvula de corte de suministro (ESDV)	1.00E-03				
Falla de detección de fugas (SDF)	1.00E-03				
Falla de válvula de seguridad (PSV)	1.00E-03				
Falla de válvula reguladora de flujo	1.00E-03				
Falla de transmisor indicador de temperatura (TIT)	1.00E-03				
Falla de Sistema de Fuego y Gas (SFG)	1.00E-05				

A continuación se muestran los árboles de fallos de los sucesos analizados.

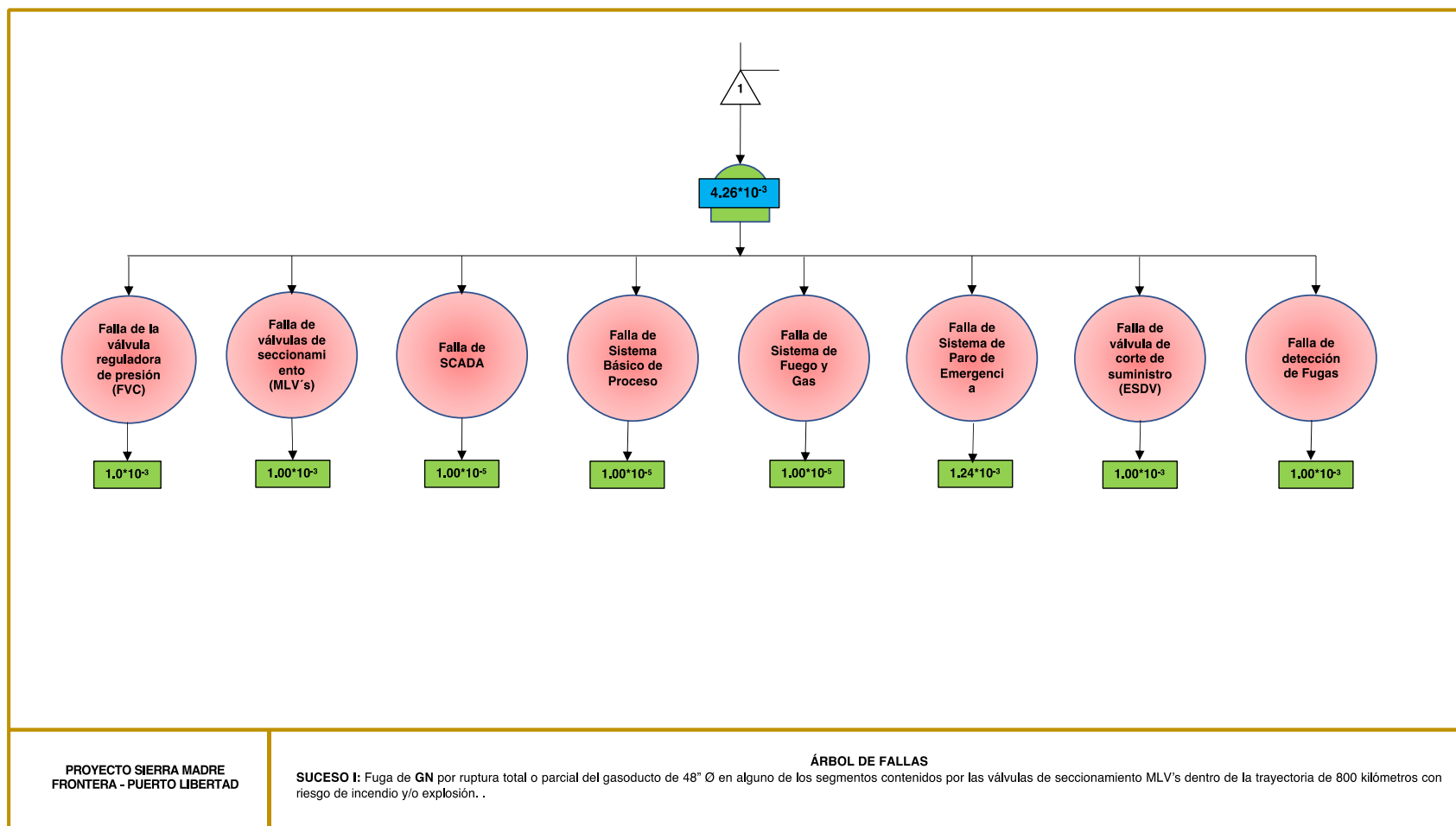
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 46. Árbol de fallas suceso 1.



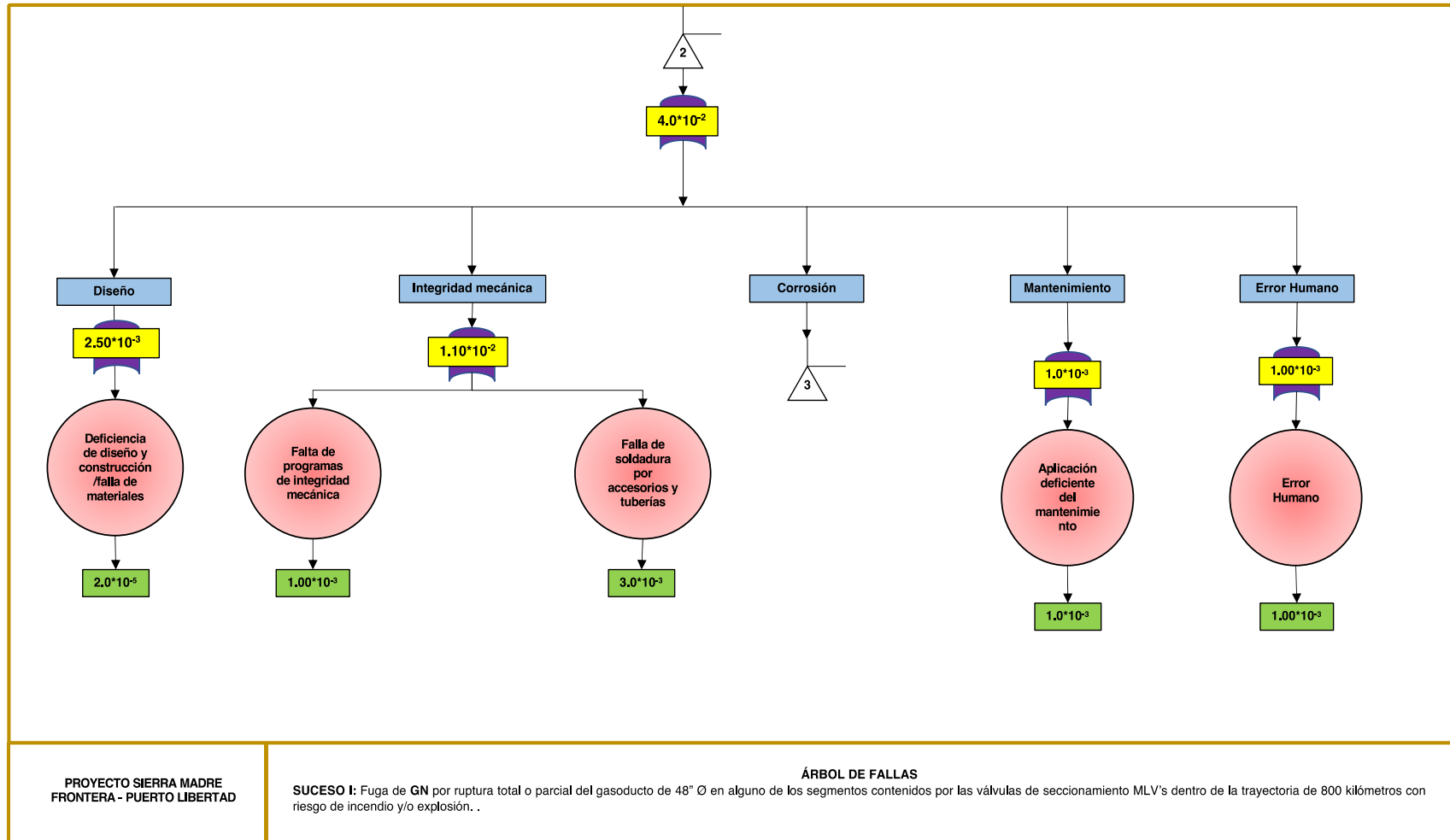
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Continuación figura 46.



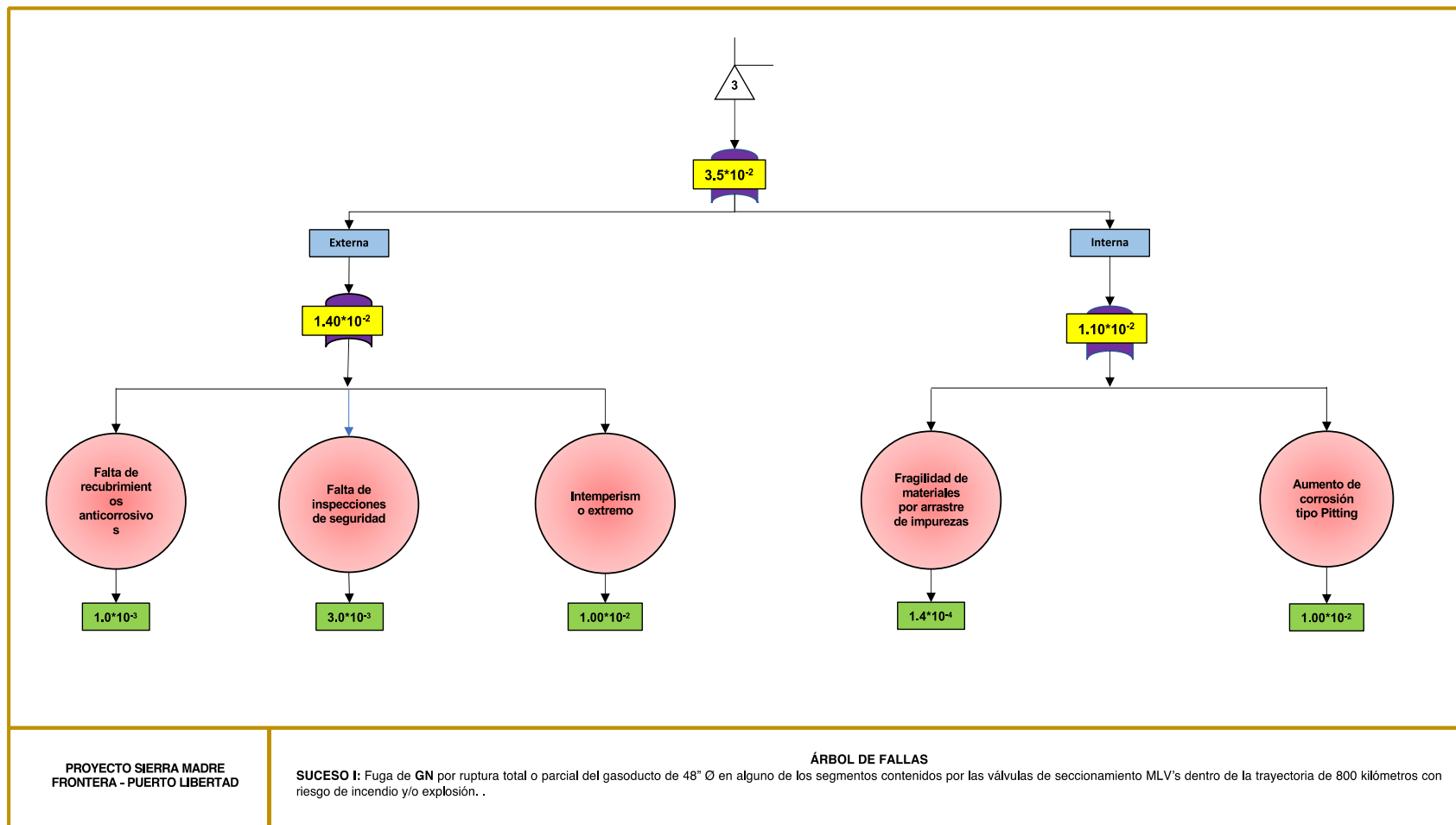
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Continuación figura 46.



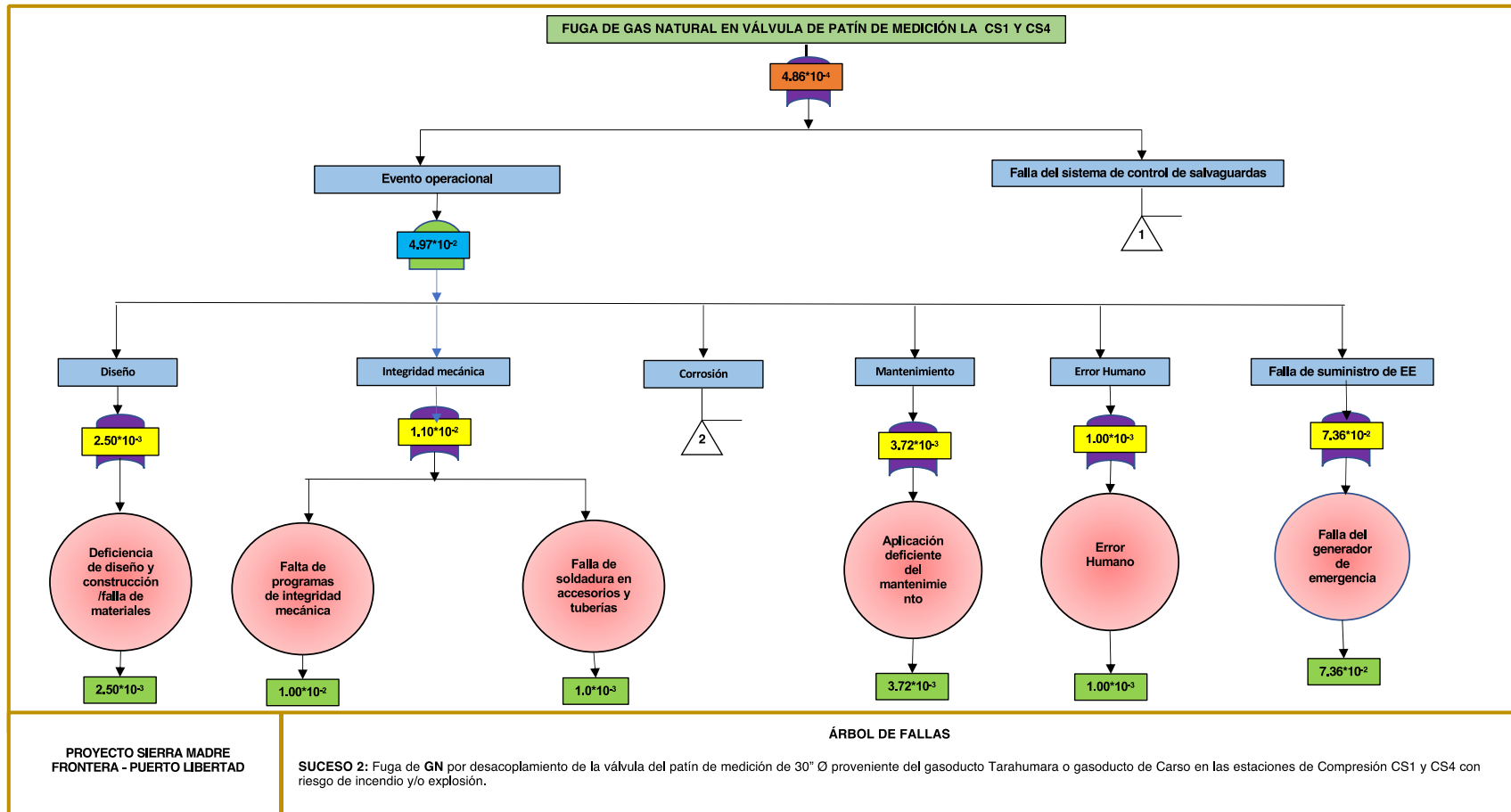
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Continuación figura 46.



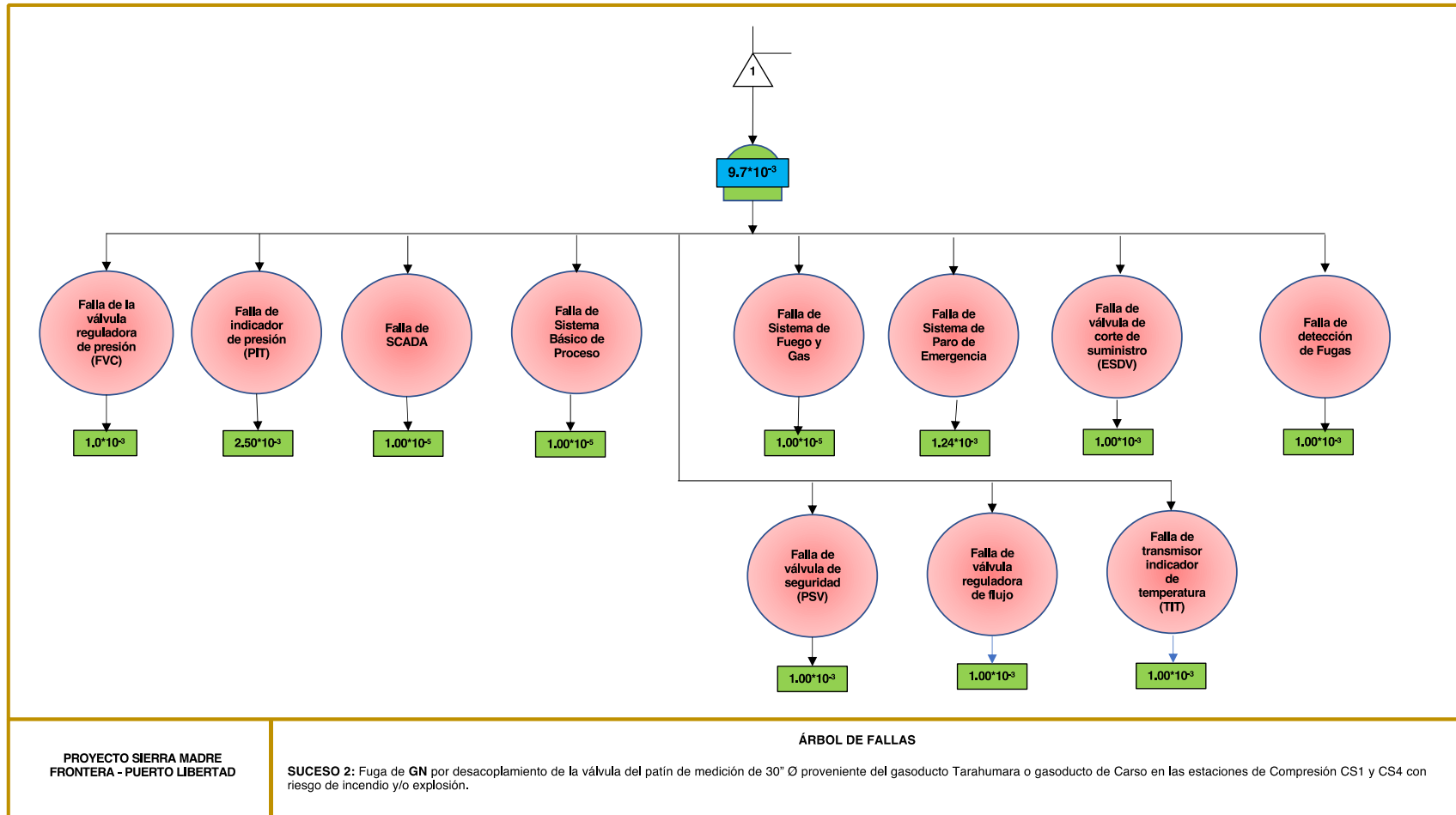
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 47. Árbol de fallas suceso 2.



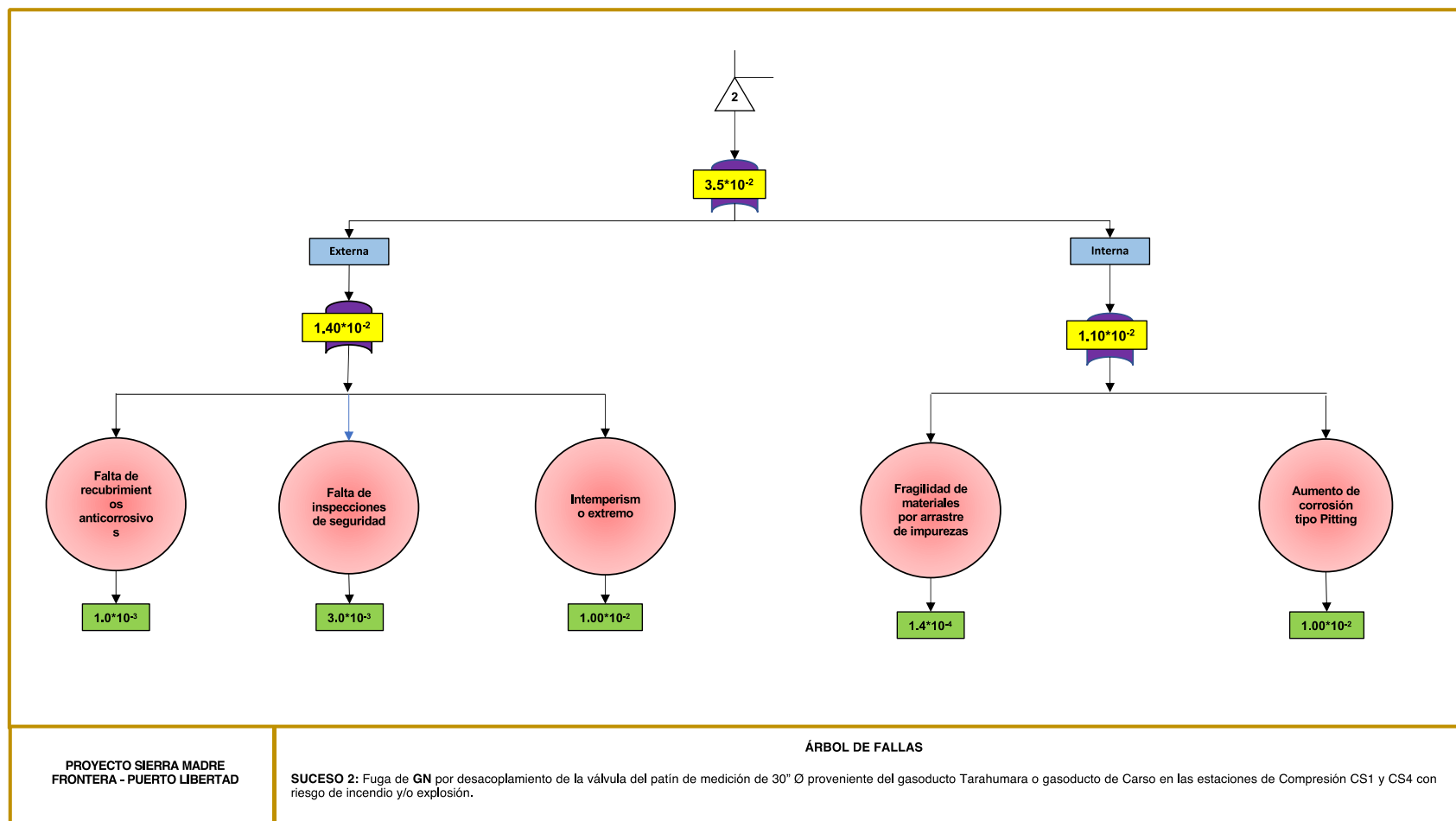
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Continuación figura 47.



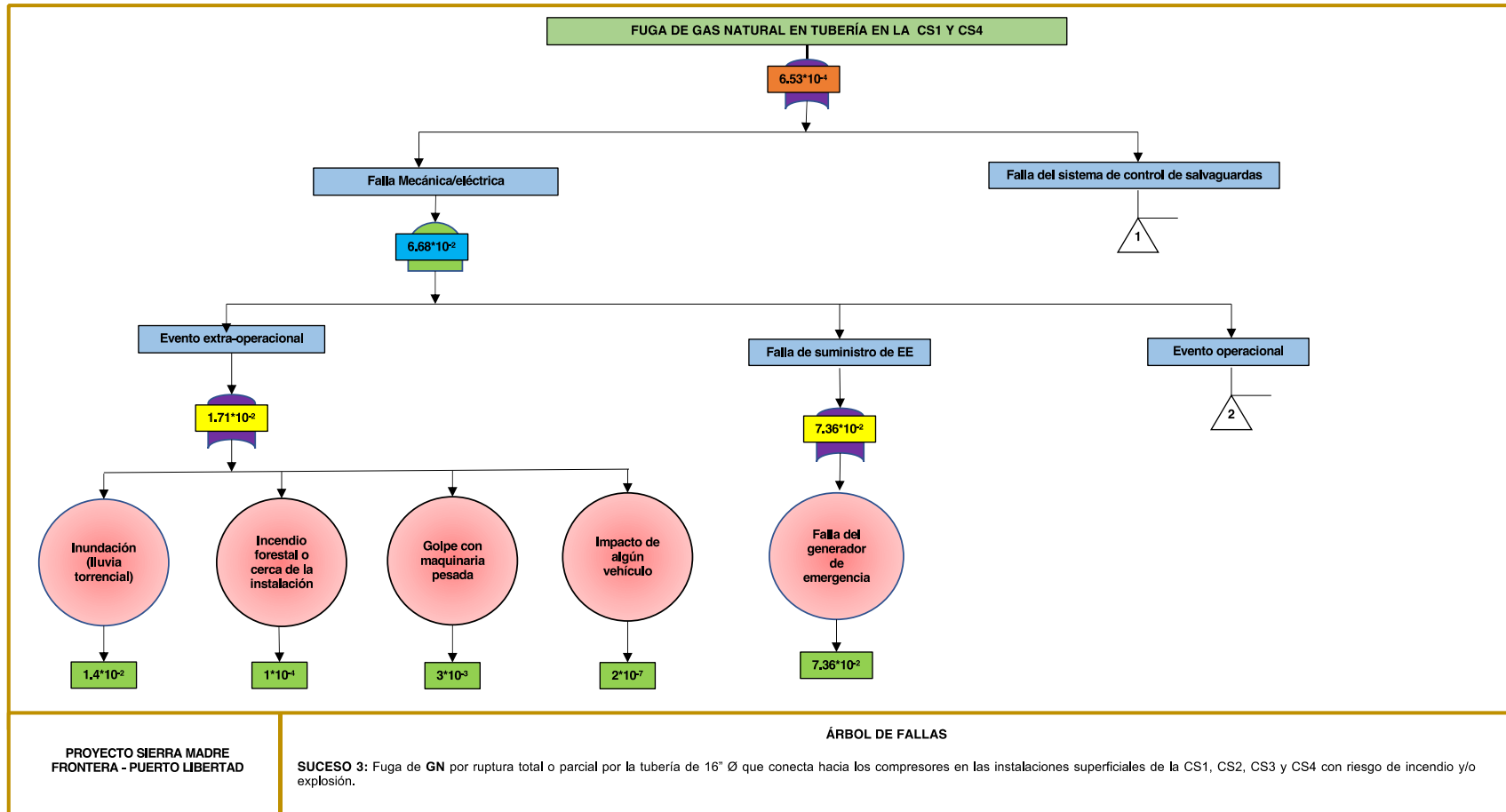
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Continuación figura 47.



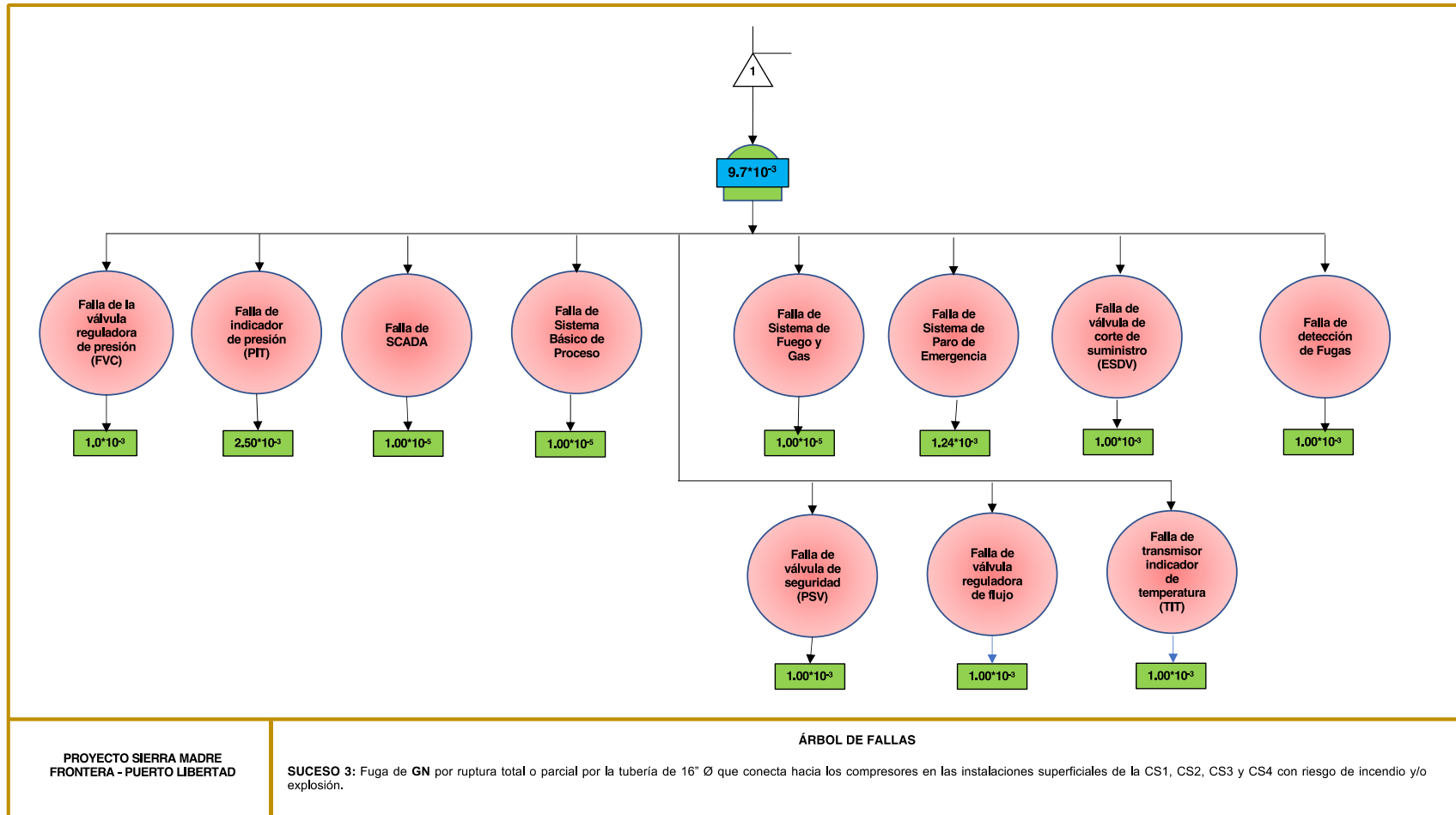
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 48. Árbol de fallas suceso 3.



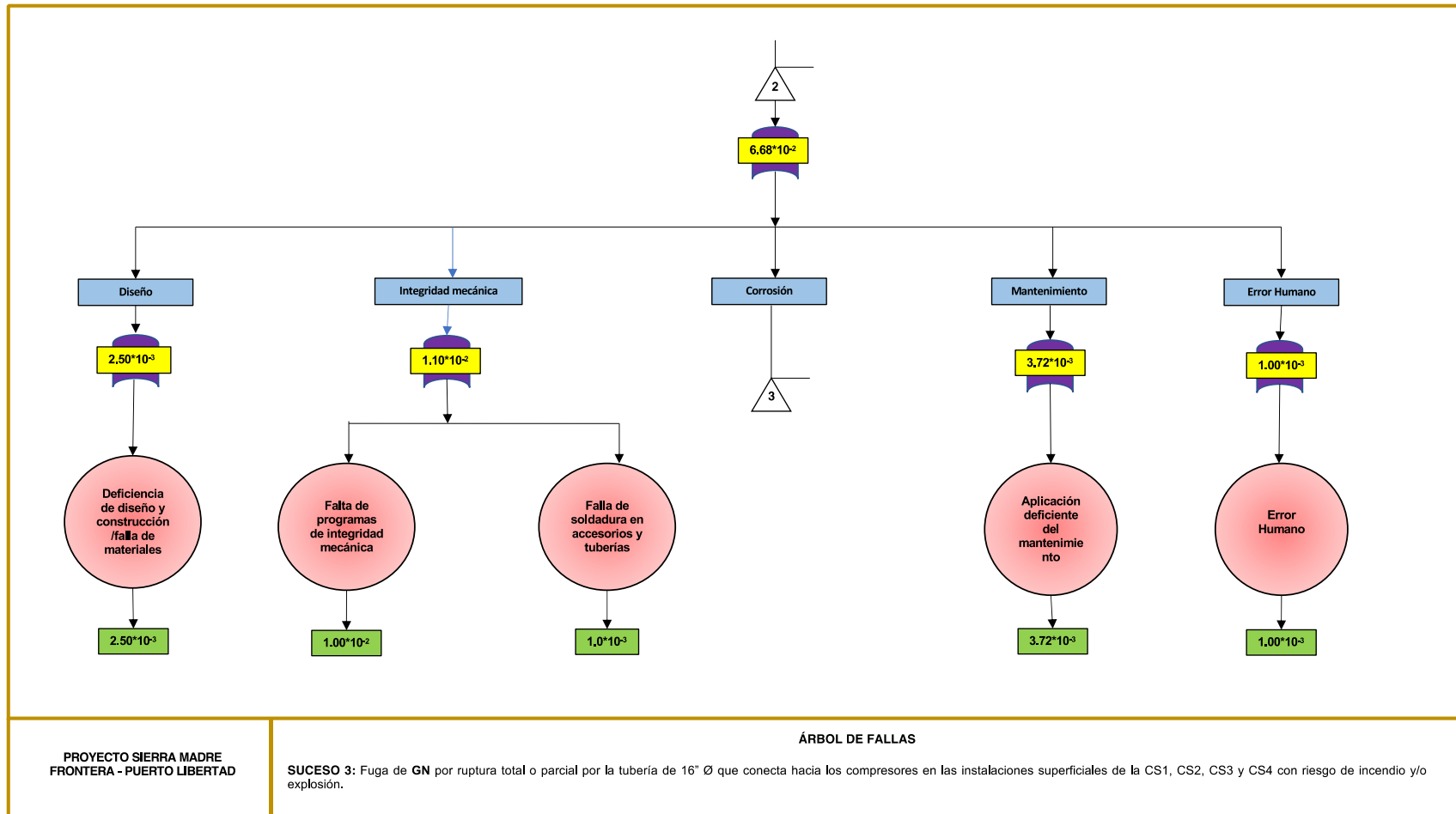
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Continuación figura 48.



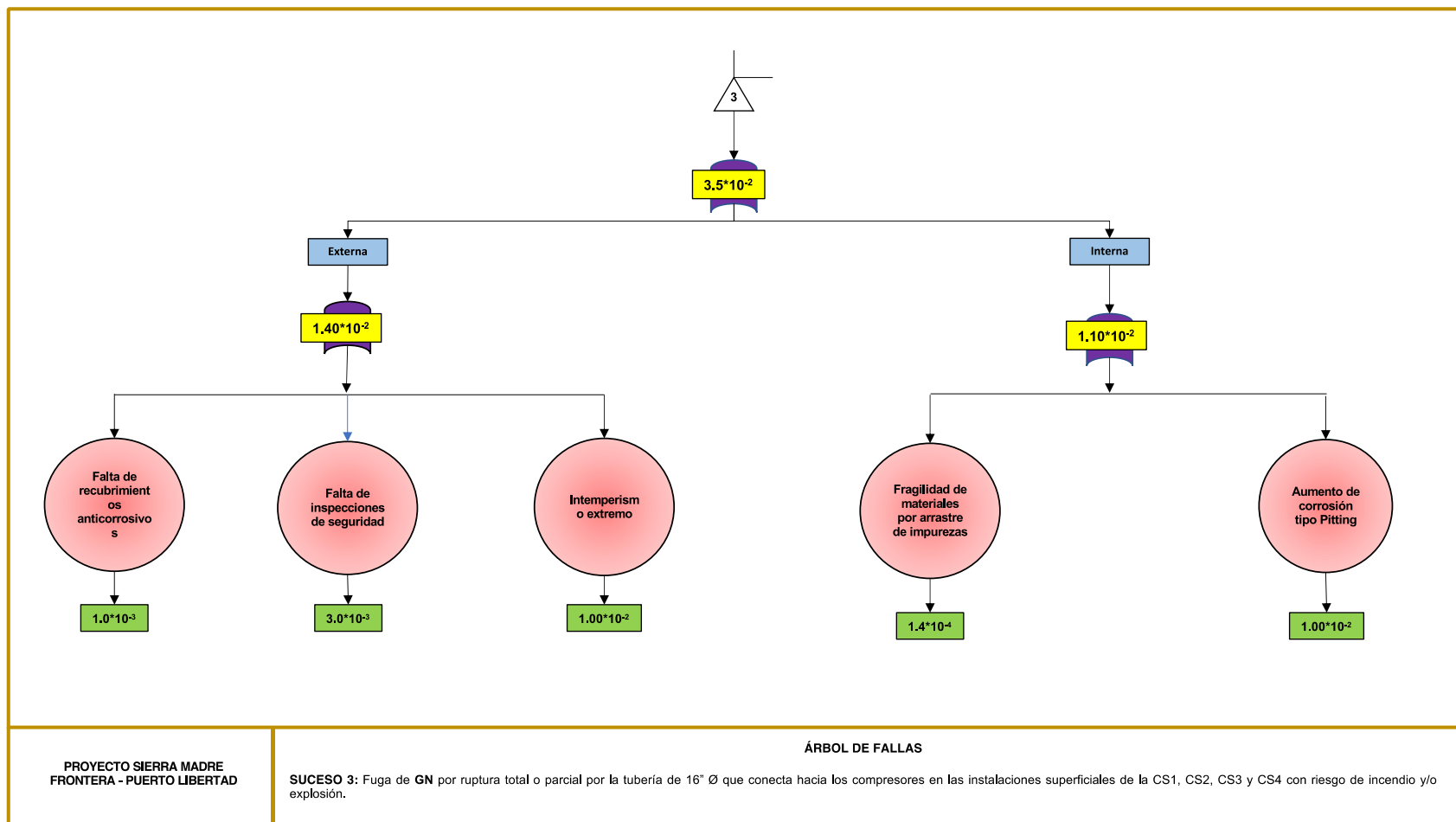
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Continuación figura 48.



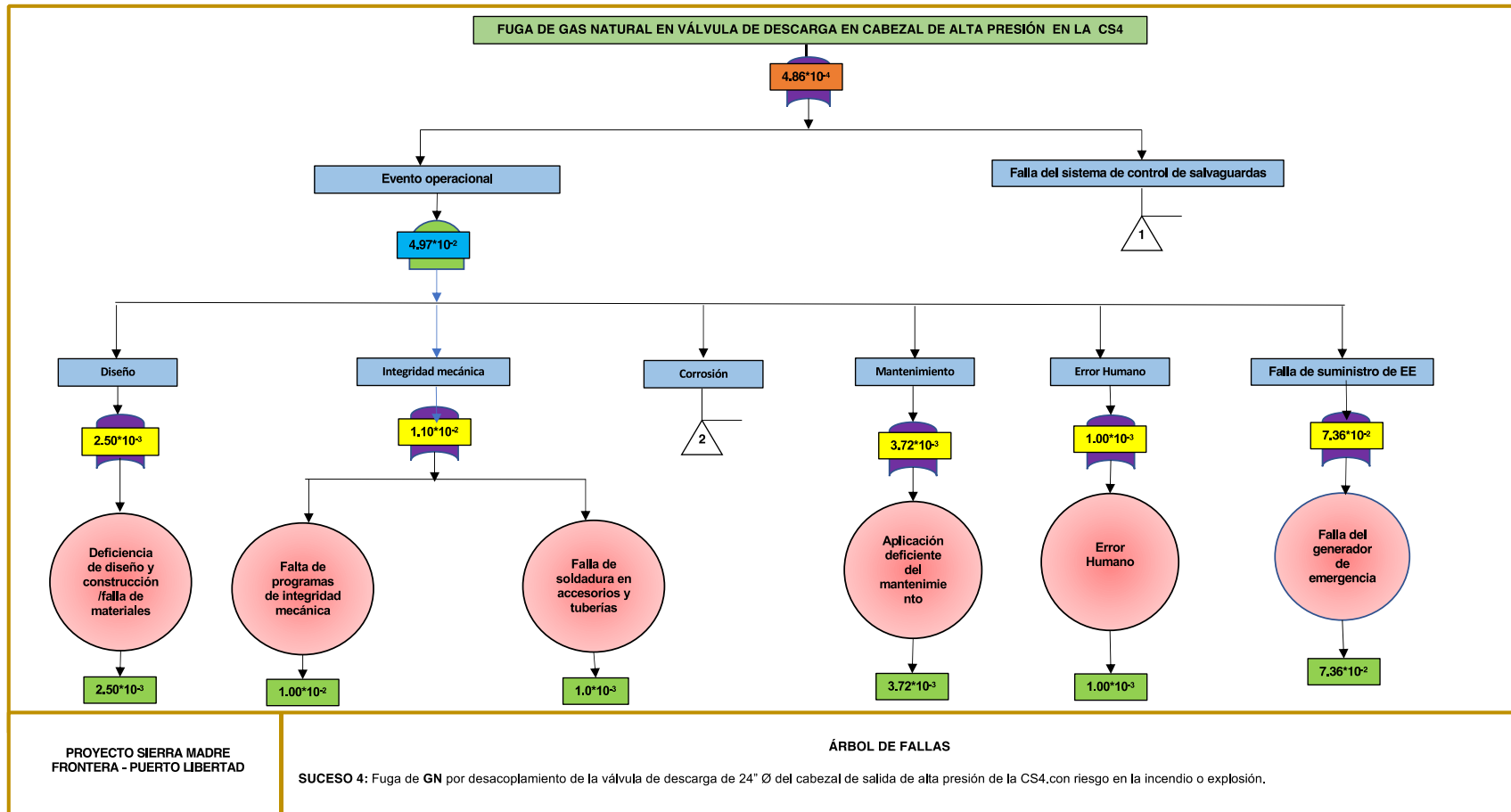
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Continuación figura 3.



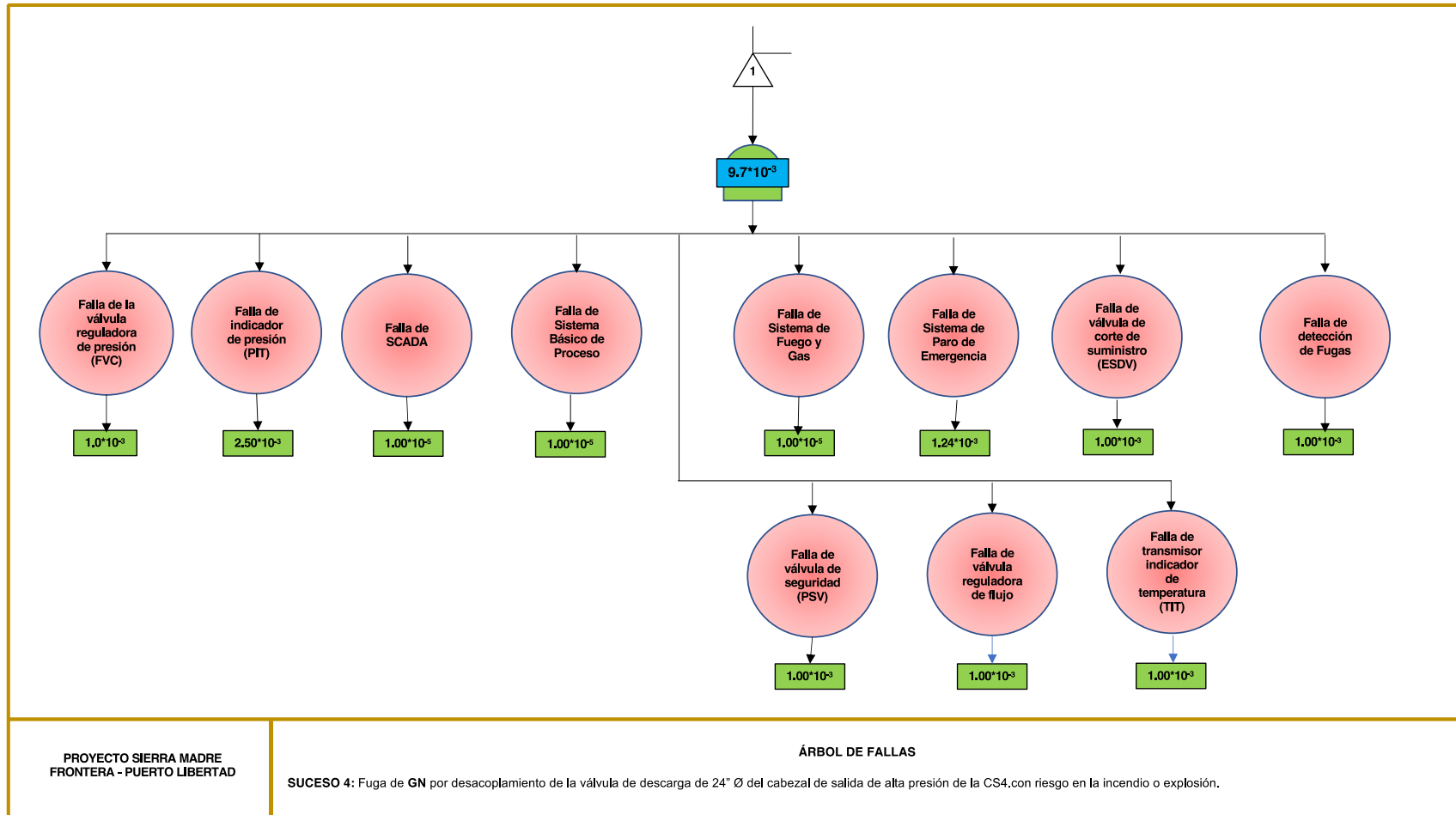
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Figura. 49. Árbol de fallas suceso 4.



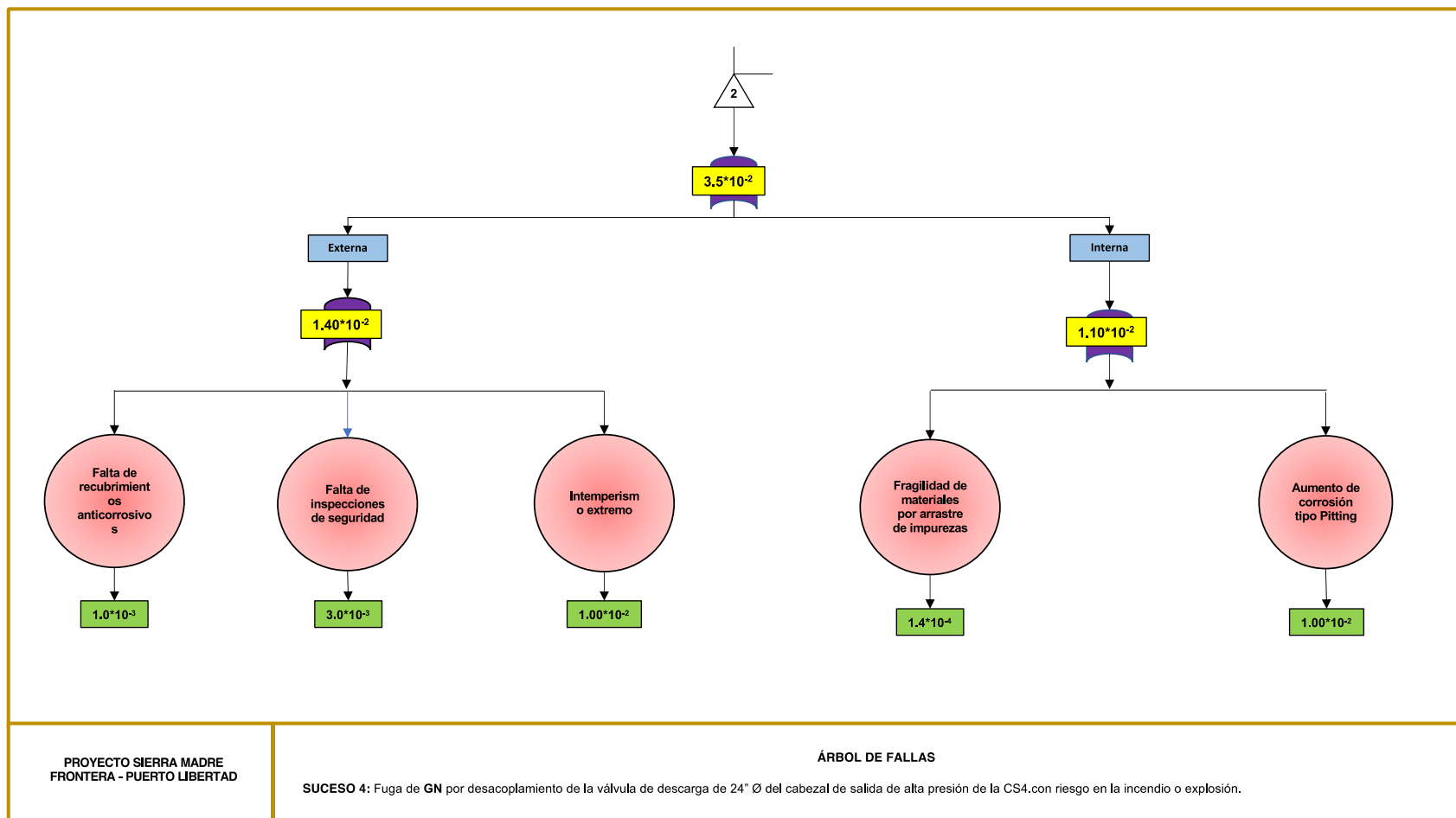
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Continuación figura 49.



ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Continuación figura 49.



ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

G. Conclusión del árbol de fallas

A continuación, se presentan las probabilidades de ocurrencia de los sucesos planteados de acuerdo con el análisis **HAZOP** de los riesgos identificados en la región **ALARP**.

Tabla 89. Resultados de la solución de árboles de falla para los sucesos planteados

Suceso	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Elementos que contribuyen
1	Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	2.59E-04	0.000259	Todos los elementos son contribuyentes
2	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.	4.86E-04	0.000486	No actúa el vandalismo de la zona
3	Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.	6.53E-04	0.000653	Todos los elementos son contribuyentes
4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4.con riesgo en la incendio o explosión.	4.86E-04	0.000486	No actúa el vandalismo de la zona

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de fallas.

Para jerarquizar los eventos de conformidad a la frecuencia por las probabilidades de ocurrencia de acuerdo a la tabla siguiente obtenida de los lineamientos para realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Análisis de Riesgo de Ductos y Análisis de Riesgo de Seguridad Física, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios (COMERI-144), que es la calificación inicial de riesgos y primera etapa de cuantificación como correlación entre la Frecuencia y las Consecuencias y que en su contenido se encuentran valores con significado para la organización y apoyo en la toma de decisiones, debe contener los siguientes criterios bajo la descripción de frecuencias, categorías de riesgo y frecuencias.

Tabla 90. Criterios de categoría, descripción y frecuencia en una matriz de riesgos según COMERI

Categoría	Descripción de frecuencia ocurrida	Frecuencia/año
F6: Muy frecuente	Ocorre una o más veces en un año	>1
F5: Frecuente	Ocorre una o más veces en un período de entre 1 y 5 años	>0.2 a 1

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Categoría	Descripción de frecuencia ocurrida	Frecuencia/año
F4: Poco frecuente	Ocurre una o más veces en un período de entre 5 y 10 años	0.1 a 0.2
F3: Raro	Ocurre una vez en un período mayor a 10 años	0.01 a 0.1
F2: Muy raro	Ocurre solamente una vez en la vida útil de la planta	0.001 a 0.01
F1: Extremadamente raro	Evento que es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	0.0001 a 0.001

Fuente: Lineamientos para realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Análisis de Riesgo de Ductos y Análisis de Riesgo de Seguridad Física, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios (COMERI-144).

A continuación, se jerarquizan los eventos de acuerdo a los índices de frecuencias obtenidos.

Tabla 91. Valores de frecuencia de los sucesos analizados

Suceso	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Categoría
1	Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	2.59E-04	0.000259	F1: Extremadamente raro
2	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.	4.86E-04	0.000486	F1: Extremadamente raro
3	Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.	6.53E-04	0.000653	F1: Extremadamente raro
4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.	4.86E-04	0.000486	F1: Extremadamente raro

De acuerdo al análisis de frecuencias, sus probabilidades de fallo en los equipos y elementos analizados, cuyos resultados se muestran a continuación:

- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 1 en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.000259, es decir un 0.00259% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpreta que de cada 10,000 situaciones en que

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

se presenta el evento, la fuga dará en 2.59 ocasiones, categorizado como **extremadamente raro**.

- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 2 por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4, tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.000486, es decir un 0.00486% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 4.86 ocasiones, categorizado como **extremadamente raro**.
- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 3 por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4, tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.000653, es decir un 0.00653% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 6.53 ocasiones, categorizado como **extremadamente raro**.
- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 4 por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4, tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.000486, es decir un 0.00486% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 4.86 ocasiones, categorizado como **extremadamente raro**.

Aunque son todas la hipótesis son de categoría de extremadamente raro, la hipótesis de mayor probabilidad de ocurrencia es:

SUCESO 1: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.

En cuanto a la frecuencia de las fallas, se realizó un análisis en la Universidad di Padova en Italia¹¹ con datos de 1970 a 2007, donde se encontró que sólo el 13% de los casos son rupturas catastróficas. El 87% restante son resultado de grietas u orificios. Tomando en cuenta la frecuencia de la ruptura de los ductos de 1997 a 2007 se tienen los siguientes datos de frecuencia para los eventos.

Tabla 92. Frecuencia de ruptura de ductos

Tipo de falla	Frecuencia de falla
Ruptura Catastrófica	4.84E-05 evento/km*año
Fuga por grieta u orificios	3.24E-04 evento/km*año

Fuente: Chiara Vianello*, Giuseppe Maschio, Università di Padova

¹¹ Risk Analysis of Natural Gas Pipeline: Case Study of a Generic Pipeline, Chiara Vianello*, Giuseppe Maschio, Università di Padova, DIPIC – Dip. di Principi e Impianti Chimici di Ingegneria Chimica Via Marzolo 9 – 35131 Padova, Italy chiara.vianello@unipd.it

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

V.2. ANÁLISIS CONSECUENCIAS

A. Metodología de análisis de consecuencias

Debido a que los algoritmos fisicoquímicos que simulan el comportamiento de la difusión de las sustancias en el ambiente (aire, agua o suelo), así como la evaluación de los efectos físicos derivados de las consecuencias de ésta (radiación térmica, sobrepresión y nube explosiva), son de gran complejidad, se hace necesario el uso de modelos matemáticos computarizados, en este caso en específico se realizaron las simulaciones mediante el software PHAST de la empresa DNV versión 8.71, aceptado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA), la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) y la **ASEA** de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**).

El desarrollo del análisis de consecuencias se realizó de acuerdo con los requerimientos, formatos y consideraciones mencionadas en Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos, cumpliéndose y justificándose cada parámetro, valor o información incluida en los requerimientos del simulador PHAST.

A.1. Mezcla de Gas Natural

Se alimentó una mezcla de gas natural conteniendo los siguientes componentes en porcentaje mol, para este caso se determinaron mediante información proporcionada por las bases de la ingeniería básica desarrollada por el promovente.

Tabla 93. Componentes de la mezcla de Gas natural

Propiedad	Unidad	Concentración mol
Metano mínimo (CH ₄)	% Mol	94.9
Etano (C ₂ H ₆)	% Mol	2.23
Propano (C ₃ H ₈)	% Mol	0.47
i-Butano (C ₄ H ₁₀)	% Mol	0.05
n-Butano (C ₄ H ₁₀)	% Mol	0.11
i-Pentano (C ₅ H ₁₂)	% Mol	0.03
n-Pentano (C ₅ H ₁₂)	% Mol	0.03
n-Hexano	% Mol	0.01
Nitrógeno máximo	% Mol	1.35
Dióxido de carbono (CO ₂)	% Mol	0.82

A.2. Evaluación de variables meteorológicas y estabilidad Pasquill

Para el comportamiento en la dispersión de las sustancias liberadas, la **ASEA** de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (**SEMARNAT**) recomienda la estabilidad F (Según Pasquill),

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

asociada a una velocidad promedio de viento de m/s, por lo que se realizó un estudio de valores promedio de las variables meteorológicas (temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento, y nubosidad) en el último año. Los datos climáticos fueron obtenidos de la estación climatológica con datos más cercana al área de estudio, que se encuentran descritas en la sección III de este Estudios de Riesgo.

El resultado de la interacción de los parámetros en especial la velocidad promedio del viento la cual se pasó con un análisis dimensional de km/ horas a m/s permite considerar la estabilidad A-B (Según Pasquill) todo lo anterior basado en la tabla siguiente.

Tabla 94. Estabilidades según Pasquill

Parámetro	Radiación solar durante el día		condiciones en la noche		A cualquier hora	
Velocidad del viento en la superficie	Fuerte	Moderada	Ligera	Ligeramente nublado o > 4/8 de nubosidad	>3/8 despejado	Fuertemente nublado
<2	A	A-B	B	F	F	D
2-3	A-B	B	C	E	F	D
3-4	B	B-C	C	D	E	D
4-6	C	C-D	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D
Condiciones de Pasquill	Atmósfera		Condiciones esperadas en el sitio			
A	Muy inestable		Totalmente soleado con vientos ligeros			
A/B	Inestable		Como A solo que menos soleado y con más vientos			
B	Inestable		Como A/B solo que menos soleado y con más vientos			
B/C	Moderadamente inestable		Sol y vientos moderados			
C	Moderadamente inestable		Mucho sol o muchos vientos			
C/D	Moderadamente inestable		Sol moderado con mucho viento			
D	Neutral		Poco sol y mucho viento o nublado con mucho viento			
E	Moderadamente estable		Menos sol y menos vientos que D, se considera de noche			
F	Estable		Noche con nublado moderado y viento ligero			
G	Muy estable		Existe posibilidad de Niebla			

Fuente: Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos, Julio 2020 (ARSH-ASEA)

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

A.3. Tipos de eventos de riesgo que pudieran esperarse en las simulaciones

Una vez llevadas a cabo las simulaciones de las hipótesis mencionadas en el capítulo anterior se arrojaron diferentes tipos escenarios de acuerdo con el comportamiento de la mezcla al liberarse al medio ambiente y las condiciones externas que se pueden presentar, por lo que es necesario entender cada tipo de evento:

- **Chorro de fuego (Jet fire):** El evento de Jet Fire se puede definir como una llama estacionaria de difusión de gran longitud y poca anchura, como la producida por un soplete de oxi-acetileno. Generalmente este evento ocurre cuando un material inflamable ha sido liberado a alta presión y se incendia a una distancia del punto de la descarga. La nube formada produce el incendio (Jet Fire) en cualquier momento, siempre y cuando esté por encima de su límite inferior de inflamabilidad y por debajo del superior, esta zona de la nube es la que se considera para determinar los efectos de radiación térmica.
- **Explosión de nube de gas no confinada (UVCE):** La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica.

A.3. Parámetros y equivalencias de daños a esperarse en las simulaciones

La tabla siguiente muestra los valores umbrales de referencia adoptados en este estudio para una radiación térmica y sobrepresión.

Tabla 95. Valores umbrales seleccionados

Parámetro	Zonas		
	Zona de alto riesgo por daño a equipos (ZAE)	Zona de alto riesgo por daño a equipos (ZA)	Zona de amortiguamiento (ZA)
Inflamabilidad (Radiación térmica)	12.5 a 37.5 KW/m ²	5.0 KW/m ²	1.4 KW/m ²
Explosividad (Sobre Presión)	3 a 10 psig	1.0 psig	0.5 psig

Fuente: Guía para la Elaboración del Análisis de Riesgo para el Sector Hidrocarburos, Julio 2020 (ARSH-ASEA).

Para interpretar o inferir los daños ocasionados a la población, a la instalación, y al medio ambiente a partir de las consecuencias conocidas de cada escenario se requieren datos de las equivalencias de Consecuencias Vs. Daños. Se presentan equivalencias para interpretar los daños ocasionados por las consecuencias de los escenarios en las siguientes tablas.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 96. Efectos generados a diferentes intensidades de Radiación Térmica

kW/m²	Descripción
1.40	Puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal) Se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial
5.00	Zona de intervención con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos máximo soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado El tiempo necesario para sentir dolor (piel desnuda) es aproximadamente de 13 segundos, y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado; Cuando la temperatura de la piel llega hasta 55.0 C aparecen ampollas
12.50	Extensión de incendio fusión de recubrimiento de plástico en cables eléctricos La madera puede prender después de una larga exposición 100.0% de letalidad
37.5	Nivel de radicación térmica suficiente para causar daños en equipos, materiales

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

En la tabla siguiente se presentan los valores umbrales para la vulnerabilidad de los materiales, cuando se presenta un evento de radiación térmica.

Tabla 97. Vulnerabilidad de materiales por radiación térmica

Radiación (kW/m²)	Material
60.0	Cemento
40.0	Cemento prensado
200.0	Hormigón armado
40.0	Acero
33.0	Madera (Ignición)
30.0-300.0	Vidrio
400.0	Pared de ladrillos
13.0	Daños en depósitos
12.0	Instrumentación

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

La tabla siguiente muestra los efectos generados a los diferentes niveles de sobrepresión sobre instalaciones y sobre el personal que reciba el impacto de la sobrepresión, cabe señalar que estos valores fueron con los cuales se realizaron las simulaciones para el evento de sobrepresión.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 98. Efectos estimados por sobrepresión

Presión (psi)	Evaluación de daños por explosiones	
	Refinerías	Plantas
0.5	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro): rotura de ventanas.	Cuarto de control (techo metálico): rotura de ventanas y medidores. Cuarto de control (techo de concreto): rotura de ventanas y medidores. Torre de enfriamiento: falla de mamparas
1.0	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro): deformación de la estructura.	Cuarto control (techo metálico): conectores dañados por colapso del techo. Cuarto de control (techo de concreto): dañados por colapso del techo. Tanques de almacenamiento (techo cónico): colapso del techo.
2.0	-	Calentador: fractura de ladrillos. Reactor químico: rotura de ventanas. Filtros: falla de paredes de concreto.
3.0	Edificio de mantenimiento: deformación.	Tanque de almacenamiento (techo cónico): el equipo se levanta (llenado al 50%). Cubículo de instrumentos: líneas de fuerza dañadas, controles dañados.
5.0	Torre de regeneración: deformación de la columna. Edificio de mantenimiento: derrumbe de muros de tabique, deformación de la estructura. Tuberías: derrumbe de la estructura y rompimiento de líneas. Tanques de almacenamiento (techo cónico y techo flotante): levantamiento de tanques llenos o medio llenos, dependiendo de su capacidad.	Calentador: unidad destruida. Regenerador: marcos colapsados. Motor eléctrico: daño por proyección de partículas. Ventilador: carcaza y caja dañadas.
7.0	Torre rectangular (estructura de concreto): derrumbe de la estructura y la torre. Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): fractura de la estructura. Torre fraccionadora: (montada sobre pedestal de concreto) caída de la torre. Torre de regeneración derrumbe de la estructura y la torre. Torre de vacío octagonal (estructura de concreto): fractura de la estructura, (estructura de acero) caída de la torre. Tanques de almacenamiento esférico: deformación de la estructura en tanques llenos.	Reactor catalítico: partes internas dañadas. Columna fraccionadora: unidad destruida.
10.0	Cuarto de control (construcción de concreto y estructura de hierro): derrumbe de estructura de hierro.	Cuarto de control (techo de concreto): unidad destruida. Transformados eléctrico: unidad destruida. Ventilador: unidad destruida. Regulador de gas: controles dañados, carcaza y caja dañadas. Columna de extracción: la unidad se mueve de

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Presión (psi)	Evaluación de daños por explosiones	
	Refinerías	Plantas
		sus cimientos.
20.0	-	Tanque de almacenamiento (techo flotante): colapso del techo.

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

A.4. Evaluación de variables de operación, tiempos de las fugas e inventarios a considerar en el análisis de consecuencias de los eventos hipotéticos.

Inventario de fuga: Al determinar el inventario del material o sustancia peligrosa que se puede fugar o derramar, en proceso, transporte o almacenamiento, dar crédito a los valores máximos establecidos en controles administrativos que limitan estas cantidades o bien, considerar los casos en los que, por razones operativas, los inventarios pueden alcanzar valores máximos.

En el caso de líneas de proceso y ductos, es la suma del inventario que se fuga más el inventario que se queda entrampado entre las válvulas de seccionamiento que aíslan la fuga y se calcula con la siguiente ecuación:

Inventario final para escenarios de riesgo por fuga en ductos

$$IF = (Fm \cdot t) + (((\pi \cdot d^2) / 4) \cdot D) \cdot p) \dots\dots\dots \text{ecuación 1}$$

Dónde:

IF = Inventario de fuga (kg).

Fm = Flujo másico (kg/seg).

t = Tiempo que transcurre desde que se presenta la fuga, hasta que esta es aislada cerrando las válvulas de seccionamiento (seg).

d = Diámetro de la tubería (m)

D = Distancia que existe ente las válvulas de seccionamiento que aíslan la fuga en el ducto (m).

p = Densidad de la sustancia (kg/m³).

Tiempo de fuga: Tiempo que transcurre desde que se presenta la fuga, hasta que esta es aislada cerrando las válvulas de seccionamiento, de acuerdo a los siguientes criterios.

- Cuando la instalación cuenta con sistemas automáticos de aislamiento para responder al escenario planteado, debe estimarse objetivamente el tiempo de respuesta de dichos sistemas automáticos; debiendo considerar éste como el tiempo de fuga.
- Cuando la instalación no cuenta con sistemas automáticos de aislamiento para responder al escenario planteado, debe estimarse objetivamente el tiempo de respuesta de los operadores para realizar manualmente dicho aislamiento, debiendo considerar éste como el

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

tiempo de fuga. En caso contrario debe considerarse la recomendación heurística del Software de simulación o el inventario presente en el tramo seccionado.

- Considerar los tiempos de fuga establecidos en la tabla siguiente, en función del tipo de equipo involucrado en la fuga o derrame de producto.

Tabla 99. Eventos típicos de fuga o derrame de productos

Maquinaria o equipo	Eventos típicos
Recipientes a presión	Relevo instantáneo del producto contenido dentro del recipiente.
	Relevo continuo del total del producto contenido dentro del recipiente en un tiempo de 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante.
	Relevo continuo a través de un orificio con un diámetro efectivo de 10 y 12.5 mm.
Tanques atmosféricos	Relevo instantáneo del producto contenido dentro del tanque.
	Relevo continuo del total del producto contenido dentro del recipiente en un tiempo de 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante.
	Relevo continuo a través de un orificio con un diámetro efectivo de 10 y 12.5 mm.
Tuberías	Ruptura total del tubo, considerando el volumen de producto por los dos lados de la tubería con ruptura total.
	Relevo de producto por un orificio con un diámetro efectivo del 10% del diámetro nominal de la tubería, hasta un máximo de 50 mm, considerando 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante.
Bombas	Falla catastrófica considerando la ruptura total de la tubería de mayor diámetro conectada.
	Fuga de producto por un orificio con un diámetro efectivo del 10% del diámetro nominal de la tubería de mayor diámetro conectada, hasta un máximo de 50 mm, y 12.5 mm, considerando 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante.
Intercambiadores de calor	Relevo instantáneo del total de producto contenido dentro del lado cuerpo del intercambiador de calor.
	Relevo continuo del total del producto contenido dentro del lado cuerpo del intercambiador de calor, en un tiempo de 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante
	Relevo continuo a través de un orificio con un diámetro efectivo de 10 y 12.5 mm.
	Ruptura total de 10 tubos simultáneamente, considerando el relevo de producto por ambos lados de la tubería rota.
	Ruptura total de un tubo, considerando el flujo de producto por los dos lados de la tubería con ruptura total.
	Fuga de producto por un orificio con un diámetro efectivo del 10% del diámetro nominal, hasta un máximo de 50 mm y 12.5 mm, considerando 10, 15 y 30 minutos a un flujo constante.
Dispositivos de relevo de presión	Descarga de un dispositivo de relevo de presión considerando su gasto máximo de descarga

Fuente: Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Para nuestro caso utilizaremos el primer criterio, ya que se cuenta con sistemas automáticos de aislamiento para responder al escenario planteado, se considera un tiempo máximo de 10 segundos como el tiempo necesario para detectar y controlar la descarga basándose en el sistema de protecciones con el que cuenta el **STGN**.

En la tabla 100 se muestran los escenarios y los valores de los datos de las variables utilizadas para ser alimentadas PHAST en los escenarios planteados.

De conformidad al anexo 2, de la “Guía para la elaboración del análisis de riesgo para el sector hidrocarburos” publicada por la **ASEA**, se presentan los datos de especificación de Eventos de Riesgo hipotéticos a simular, en el **Anexo_ER_15_Hojas de especificaciones de los escenarios a simular**.

En la tabla 101 se muestran los valores de los resultados de las modelaciones realizadas de los escenarios en el software PHAST.

En el **Anexo_ER_16_Hojas de resultados PHAST** de los escenarios simulados.

En el **Anexo_ER_17_Planos de radios de afectación** de los escenarios simulados.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 100. Escenarios a simular con los datos a ser alimentados en el software PHAST

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Diámetro (Pulgadas)	Presión (psi)	Sección	Longitud (m)	Temperatura (°c)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Inventario (Kg)	Tiempo de fuga (s)
1	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60100-MLV60101.	EVE_1_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60100-MLV-60101	30,750	31.41	52.35	9.65	1,468,573.90	10.00
		EVE_2_ GAS	20% (CMP)	9.50							58,830.00	
2	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60101-MLV60102.	EVE_3_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60101-MLV-60102	30,100	31.41	52.35	9.65	1,442,320.14	10.00
		EVE_4_ GAS	20% (CMP)	9.50							57,692.81	
3	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60102-MLV60103.	EVE_5_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60102-MLV-60103	30,600	31.41	52.35	9.65	1,464,198.28	10.00
		EVE_6_ GAS	20% (CMP)	9.50							58,567.93	
4	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60103-MLV60104.	EVE_7_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60103-MLV-10404	27,750	31.41	52.35	9.65	1,339,492.88	10.00
		EVE_8_ GAS	20% (CMP)	9.50							53,579.72	
5	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60104-MLV60205.	EVE_9_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-10404-MLV-60205	32,000	31.41	52.35	9.65	1,525,457.07	10.00
		EVE_10_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
6	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60205-MLV60206.	EVE_11_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60205-MLV-60206	32,000	31.41	52.35	9.65	1,525,457.07	10.00
		EVE_12_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
7	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60206-MLV60207.	EVE_13_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60206-MLV-60207	32,000	31.41	52.35	9.65	1,525,457.07	10.00
		EVE_14_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
8	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60207-MLV60208.	EVE_15_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60207-MLV-60208	31,000	31.41	52.35	9.65	1,481,700.79	10.00
		EVE_16_ GAS	20% (CMP)	9.50							59,268.03	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Diámetro (Pulgadas)	Presión (psi)	Sección	Longitud (m)	Temperatura (°c)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Inventario (Kg)	Tiempo de fuga (s)
9	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60208-MLV20409.	EVE_17_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60208-MLV-20409	32,000	31.41	52.35	9.65	1,525,457.07	10.00
		EVE_18_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
10	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV20409-MLV60310.	EVE_19_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-20409-MLV-60310	26,200	28.60	59.33	1.61	1,271,670.65	10.00
		EVE_20_ GAS	20% (CMP)	9.50							50,866.83	
11	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60310-MLV60311.	EVE_21_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60310-MLV-60311	27,400	28.60	59.33	1.61	1,324,178.18	10.00
		EVE_22_ GAS	20% (CMP)	9.50							52,967.13	
12	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60311-MLV60312.	EVE_23_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60311-MLV-60312	31,350	28.60	59.33	1.61	1,497,015.49	10.00
		EVE_24_ GAS	20% (CMP)	9.50							60,143.16	
13	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60312-MLV60313.	EVE_25_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60312-MLV-60313	27,700	28.60	59.33	1.61	1,337,305.07	10.00
		EVE_26_ GAS	20% (CMP)	9.50							53,492.20	
14	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60313-MLV60314.	EVE_27_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60313-MLV-60314	31.100	28.60	59.33	1.61	1,486,076.42	10.00
		EVE_28_ GAS	20% (CMP)	9.50							59,443.06	
15	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60314-MLV60315.	EVE_29_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60314-MLV-60315	30,250	28.60	59.33	1.61	1,448,883.58	10.00
		EVE_30_ GAS	20% (CMP)	9.50							57,955.34	
16	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60315-MLV60416.	EVE_31_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60315-MLV-30416	20,800	28.60	59.33	1.61	1,035,386.74	10.00
		EVE_32_ GAS	20% (CMP)	9.50							41,415.47	
17		EVE_33_ GAS	100% (PC)	48.00	1440		31.400	45.90	60.50	2.99	1,499,203.30	10.00

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Diámetro (Pulgadas)	Presión (psi)	Sección	Longitud (m)	Temperatura (°c)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Inventario (Kg)	Tiempo de fuga (s)
	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60416-MLV60417.	EVE_34_ GAS	20% (CMP)	9.50		MLV-30416-MLV-60417					59,968.13	
18	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60417-MLV60418.	EVE_35_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60417-MLV-60418	32,000	45.90	60.50	2.99	1,525,457.07	10.00
		EVE_36_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
19	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60418-MLV60419.	EVE_37_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60418-MLV-60419	32,000	45.90	60.50	2.99	1,525,457.07	10.00
		EVE_38_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
20	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60419-MLV60420.	EVE_39_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60419-MLV-60420	32,000	45.90	60.50	2.99	1,525,457.07	10.00
		EVE_40_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
21	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60420-MLV60421.	EVE_41_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60420-MLV-40421	31,800	45.90	60.50	2.99	1,516,705.81	10.00
		EVE_42_ GAS	20% (CMP)	9.50							60,668.23	
22	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60421-MLV60522.	EVE_43_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-40421-MLV-60522	29,100	45.90	60.50	2.99	1,398,563.86	10.00
		EVE_44_ GAS	20% (CMP)	9.50							55,942.55	
23	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60522-MLV60523.	EVE_45_ GAS	100% (PC)	48.00	1600	MLV-60522-MLV-60523	27,750	45.90	60.50	2.99	1,353,269.63	10.00
		EVE_46_ GAS	20% (CMP)	9.50							54,130.79	
24	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60523-MLV60524.	EVE_47_ GAS	100% (PC)	48.00	1600	MLV-60523-MLV-60524	28,650	34.57	60.50	2.99	1,392,650.28	10.00
		EVE_48_ GAS	20% (CMP)	9.50							55,706.01	
25		EVE_49_ GAS	100% (PC)	48.00	1600		26,900	34.57	60.50	2.99	1,316,076.79	10.00

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Diámetro (Pulgadas)	Presión (psi)	Sección	Longitud (m)	Temperatura (°c)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Inventario (Kg)	Tiempo de fuga (s)
	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60524-MLV60525.	EVE_50_GAS	20% (CMP)	9.50		MLV-60524-MLV-60525					52,643.07	
26	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60525-MLV60526.	EVE_51_GAS	100% (PC)	48.00	1600	MLV-60525-MLV-60526	28,150	34.57	34.58	5.46	1,370,772.14	10.00
		EVE_52_GAS	20% (CMP)	9.50							54,830.89	
27	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60526-EMRyC Puerto Libertad.	EVE_53_GAS	100% (PC)	48.00	1600	MLV-60526-EMRyC	27,650	34.57	34.58	5.46	1,348,894.00	10.00
		EVE_54_GAS	20% (CMP)	9.50							53,955.76	
CS1	Fuga de GN de un orificio de 2" por la válvula de patín de medición de 30" DN proveniente del gasoducto Tarahumara	EVE_55_CS1	2" (CA)	2.00	1440.00	CS1	160.00	31.41	52.35	9.65	2,370.00	10.00
CS4	Fuga de GN de un orificio de 2" por la válvula de patín de medición de 30" DN proveniente del gasoducto Samalayuca-Sásabe	EVE_56_CS4	2" (CA)	2.00	1600.00	CS4	150.00	45.90	60.50	2.99	2,367.05	10.00
Válvula de descarga CS4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga por alta presión a la salida de los motocompresores de la CS4 con un diámetro de 24".	EVE_57_CS4	24" (PC)	24.00	1600.00	CS4	150.00	45.90	60.50	2.99	2,367.05	10.00
CS1	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores en CS1.	EVE_58_CS1	100% (PC)	16.00	1440.00	CS1	50.00	31.41	52.35	9.65	17,187.29	10.00
			20% (CMP)	3.20							11,995.75	
CS2	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS2.	EVE_59_CS2	100% (PC)	16.00	1440.00	CS2	50.00	31.41	52.35	9.65	17,187.29	10.00
			20% (CMP)	3.20							11,995.75	
CS3		EVE_60_CS3	100% (PC)	16.00	1440.00	CS3	50.00	28.60	59.33	1.61	17,187.29	10.00

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Diámetro (Pulgadas)	Presión (psi)	Sección	Longitud (m)	Temperatura (°c)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Inventario (Kg)	Tiempo de fuga (s)
	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS3.		20% (CMP)	3.20							11,995.75	
CS4	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS4.	EVE_61_CS4	100% (PC)	16.00	1440.00	CS4	50.00	45.90	60.50	2.99	17,187.29	10.00
			20% (CMP)	3.20							11,995.75	
EMRYC	Fuga de GN al 100% por tubería de 30" DN que conecta hacia un brazo del patín de regulación en la EMRYC.	EVE_62_EMRYC	100% (PC)	30.00	1600.00	EMRYC	50.00	34.57	34.58	5.46	64,639.92	10.00
			20% (CMP)	6.00							41,952..41	

Tabla 101. Resultados de las simulaciones realizadas en el software PHAST de los escenarios planteados

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Tasa de fuga (kg/s)	Chorro de Fuego (Jet Fire)			Sobrepresión (Explosión)		
					ZDE (25 Kw/m2) (m)	ZAR (5 Kw/m2) (m)	ZA (1.4Kw/m2) (m)	ZDE (10 psi) (m)	ZAR (1 psi) (m)	ZA (0.5 psi) (m)
1	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60100-MLV60101.	EVE_1_GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1465.99
		EVE_2_GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
2	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60101-MLV60102.	EVE_3_GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_4_GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
3	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60102-MLV60103.	EVE_5_GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_6_GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
4		EVE_7_GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Tasa de fuga (kg/s)	Chorro de Fuego (Jet Fire)			Sobrepresión (Explosión)		
					ZDE (25 Kw/m2) (m)	ZAR (5 Kw/m2) (m)	ZA (1.4Kw/m2) (m)	ZDE (10 psi) (m)	ZAR (1 psi) (m)	ZA (0.5 psi) (m)
	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60103-MLV60104.	EVE_8_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
5	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60104-MLV60205.	EVE_9_ GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_10_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
6	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60205-MLV60206.	EVE_11_ GAS	100% (PC)	18247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_12_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
7	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60206-MLV60207.	EVE_13_ GAS	100% (PC)	18,,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_14_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
8	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60207-MLV60208.	EVE_15_ GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_16_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
9	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60208-MLV20409.	EVE_17_ GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_18_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
10	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV20409-MLV60310.	EVE_19_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	642.76	1055.16	1,603.90
		EVE_20_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
11	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60310-MLV60311.	EVE_21_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	642.76	1,055.16	1,603.90
		EVE_22_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
12		EVE_23_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	689.50	1,139.00	1,723.47

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Tasa de fuga (kg/s)	Chorro de Fuego (Jet Fire)			Sobrepresión (Explosión)		
					ZDE (25 Kw/m2) (m)	ZAR (5 Kw/m2) (m)	ZA (1.4Kw/m2) (m)	ZDE (10 psi) (m)	ZAR (1 psi) (m)	ZA (0.5 psi) (m)
	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60311-MLV60312.	EVE_24_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
13	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60312-MLV60313.	EVE_25_ GAS	100% (PC)	18,247.90	530.37	1,301.52	2,080.86	689.85	1,139.27	1,723.88
		EVE_26_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
14	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60313-MLV60314.	EVE_27_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	689.50	1,139.00	1,723.47
		EVE_28_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
15	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60314-MLV60315.	EVE_29_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	689.50	1,139.00	1,723.47
		EVE_30_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
16	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60315-MLV60416.	EVE_31_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	689.50	11,39.00	1,723.47
		EVE_32_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
17	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60416-MLV60417.	EVE_33_ GAS	100% (PC)	18,247.90	570.45	1,180.41	1,851.68	652.48	1,110.65	1,679.32
		EVE_34_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
18	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60417-MLV60418.	EVE_35_ GAS	100% (PC)	18247.90	571.06	1,180.89	1,852.51	652.48	1,110.65	1,679.32
		EVE_36_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
19	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60418-MLV60419.	EVE_37_ GAS	100% (PC)	18,,247.90	571.06	1,180.89	1,852.51	652.43	1,110.65	1,679.32
		EVE_38_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
20		EVE_39_ GAS	100% (PC)	18,247.90	571.06	1,180.89	1,852.51	652.43	1,110.65	1,679.32

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Tasa de fuga (kg/s)	Chorro de Fuego (Jet Fire)			Sobrepresión (Explosión)		
					ZDE (25 Kw/m2) (m)	ZAR (5 Kw/m2) (m)	ZA (1.4Kw/m2) (m)	ZDE (10 psi) (m)	ZAR (1 psi) (m)	ZA (0.5 psi) (m)
	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60419-MLV60420.	EVE_40_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
21	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60420-MLV60421.	EVE_41_ GAS	100% (PC)	18,247.90	571.06	1,180.89	1,852.51	652.43	1,110.65	1,679.32
		EVE_42_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
22	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60421-MLV60522.	EVE_43_ GAS	100% (PC)	18,247.90	571.06	1,180.89	1,852.51	652.43	1,110.65	1,679.32
		EVE_44_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
23	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60522-MLV60523.	EVE_45_ GAS	100% (PC)	20,406.10	603.48	1,240.72	1,943.64	690.89	1,161.33	1,756.40
		EVE_46_ GAS	20% (CMP)	799.32	103.16	293.06	474.94	186.76	293.85	417.68
24	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60523-MLV60524.	EVE_47_ GAS	100% (PC)	20,406.10	674.14	1,304.23	2,054.74	681.63	1,154.66	1,752.61
		EVE_48_ GAS	20% (CMP)	799.32	128.95	303.40	491.26	179.15	293.46	416.95
25	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60524-MLV60525.	EVE_49_ GAS	100% (PC)	20,406.10	674.14	1,304.23	2,054.74	681.63	1154.66	1,,752.61
		EVE_50_ GAS	20% (CMP)	799.32	128.95	303.40	491.26	171.05	283.44	406.91
26	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60525-MLV60526.	EVE_51_ GAS	100% (PC)	20,406.10	685.61	1,257.94	2,002.08	634.58	1,099.69	1,656.42
		EVE_52_ GAS	20% (CMP)	799.32	162.73	306.43	494.90	166.99	272.86	387.24
27	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60526-EMRyC Puerto Libertad.	EVE_53_ GAS	100% (PC)	20,406.10	685.61	1,257.94	2,002.08	634.58	1,099.69	1,656.42
		EVE_54_ GAS	20% (CMP)	799.32	162.73	306.43	494.90	166.99	272.86	387.24

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Tasa de fuga (kg/s)	Chorro de Fuego (Jet Fire)			Sobrepresión (Explosión)		
					ZDE (25 Kw/m2) (m)	ZAR (5 Kw/m2) (m)	ZA (1.4Kw/m2) (m)	ZDE (10 psi) (m)	ZAR (1 psi) (m)	ZA (0.5 psi) (m)
CS1	Fuga de GN de un orificio de 2" por la válvula de patín de medición de 30" DN proveniente del gasoducto Tarahumara	EVE_55_CS1	2" (CA)	14.34	n/d	15.53	63.02	62.45	81.93	100.82
CS4	Fuga de GN de un orificio de 2" por la válvula de patín de medición de 30" DN proveniente del gasoducto Samalayuca-Sásabe	EVE_56_CS4	2" (CA)	14.34	42.44	57.23	78.64	64.83	83.78	104.26
Válvula de descarga CS4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga por alta presión a la salida de los motocompresores de la CS4 con un diámetro de 24".	EVE_57_CS4	24" (PC)	14.34	42.44	57.23	78.64	48.93	162.41	285.01
CS1	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores en CS1.	EVE_58_CS1	100% (PC)	2027.55	382.88	564.28	828.29	688.95	781.84	981.11
			20% (CMP)	81.10	100.24	132.98	185.48	205.22	242.53	296.36
CS2	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS2.	EVE_59_CS2	100% (PC)	2027.55	382.88	564.28	828.29	688.95	781.84	981.11
			20% (CMP)	81.10	100.24	132.98	185.48	205.22	242.53	296.36
CS3	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS3.	EVE_60_CS3	100% (PC)	2027.55	382.88	564.28	828.29	688.95	781.84	981.11
			20% (CMP)	81.10	100.24	132.98	185.48	205.22	242.53	296.36
CS4	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS4.	EVE_61_CS4	100% (PC)	2027.55	382.88	564.28	828.29	688.95	781.84	981.11
			20% (CMP)	81.10	100.24	132.98	185.48	205.22	242.53	296.36
EMRYC	Fuga de GN al 100% por tubería de 30" DN que conecta hacia un brazo del patín de regulación en la EMRYC.	EVE_62_EMRYC	100% (PC)	7128.09	689.58	1013.51	1517.40	972.10	1235.82	1553.60
			20% (CMP)	285.12	161.51	234.82	340.77	300.92	361.32	465.75

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

VI.2. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

A. Análisis de vulnerabilidad

A continuación se presenta en análisis de vulnerabilidad

Tabla 102. Descripción de los posibles receptores de riesgo

Hipótesis de Riesgo	Daño al Personal y a la Población	Daño al Ambiente	Daño a la infraestructura / sistema de transporte	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_1_GAS EVE_2_GAS EVE_3_GAS EVE_4_GAS EVE_5_GAS EVE_6_GAS EVE_7_GAS EVE_8_GAS EVE_9_GAS EVE_10_GAS EVE_11_GAS EVE_12_GAS EVE_13_GAS EVE_14_GAS EVE_15_GAS EVE_16_GAS EVE_17_GAS EVE_18_GAS EVE_19_GAS	Radiación Térmica No existirá receptores de riesgo debido a que la empresa no contará con personal de forma permanente a lo largo de la trayectoria del STGN y en cuanto a la población aledaña, como personas que se encuentren en tránsito no habrá porque no existen poblaciones cercanas al radio determinado de 800 metros como zonas vulnerables. Sin embargo, los efectos a los receptores se indican a continuación: ZAR: Molestias exposición aguda al personal de trabajo del STGN, población y personas que se encuentren en el radio de afectación en 40 segundos, causando quemaduras de segundo y tercer grado si no cuenta con equipo de protección contra fuego. Sobrepresión (Explosión) Asimismo, como en el caso anterior es muy poco probable por la falta de presencia de trabajadores de forma permanente y poblaciones cercanas no se tendrían muertos y lesionados por onda de sobrepresión. Radiación térmica	Radiación Térmica ZAR: Existe diferentes tipos de vegetación la cual se causaría daños parciales presente en el área, por efecto de radiación térmica provocando incendios. Cabe mencionar que se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010, la cual también sufriría daños. Por otro lado, se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se origina. Sobrepresión (Explosión) También, potencialmente existirá daños a la fauna presente, debido a la onda de sobrepresión que se derive del evento. ZA: se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se origina.	Radiación térmica ZAR: Daños a la infraestructura de STGN por debilitamiento de los ductos de transporte, así como equipos y dispositivos y la CS1, CS2, CS3, CS4 y EMRyC, así como infraestructura de carreteras, caminos, líneas de transmisión otros ductos, por la exposición a la radiación térmica por el incendio que se pudiera presentar incrementación la póliza del seguro de daños a terceros. La imagen de la empresa causaría pérdida de credibilidad sus medidas y dispositivos de seguridad, así como desconfianza e incertidumbre sobre sus operaciones de transporte de gas natural en el futuro para el reinicio después del evento. ZA: Costos económicos para resarcir el daño ocasionado por el efecto de la radiación térmica, incrementación la póliza del seguro de daños a terceros. Sobre presión (Explosión) ZAR: Los daños a la infraestructura serían mayores principalmente en los cruces con otras infraestructuras urbanas existentes como, Líneas Eléctricas, caminos de terracería y carreteras estatales y federales	• Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. • Línea de by-pass, 16"-GN para venteo en caso de emergencia. • Botonera de selección local/remoto (HI-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Indicador de posición cerrado (ZIC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Indicador de posición abierto (ZIO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Señal de cierre de válvula (HSC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Señal de apertura de válvula (HSO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Prueba de carrera parcial (HSP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa) (ZIP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Transmisor indicador de presión (PIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Transmisor indicador de temperatura (TIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Manómetro del by-pass (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	• Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (FERMACA y CARSO). • Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural. • Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia. • Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos. • Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipótesis de Riesgo	Daño al Personal y a la Población	Daño al Ambiente	Daño a la infraestructura / sistema de transporte	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_20_GAS EVE_21_GAS EVE_22_GAS EVE_23_GAS EVE_24_GAS EVE_25_GAS EVE_26_GAS EVE_27_GAS EVE_28_GAS EVE_29_GAS EVE_30_GAS EVE_31_GAS EVE_32_GAS EVE_33_GAS EVE_34_GAS EVE_35_GAS EVE_36_GAS EVE_37_GAS EVE_38_GAS EVE_39_GAS EVE_40_GAS EVE_41_GAS EVE_42_GAS EVE_43_GAS EVE_44_GAS	ZA: Molestias exposición crónica al personal de trabajo del STGN, población y personas que se encuentren en el radio de afectación en los 15 segundos presentando severo dolor de cabeza por inhalación. Sobrepresión (Explosión) Asimismo, se tendrían lesionados por onda de sobrepresión	Sobrepresión (Explosión) Asimismo, se tendrían especies de fauna lesionados por onda de sobrepresión. Cabe mencionar que se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de protección de la NOM-059-SEMARNAT-2010.	ZA: Costos económicos para resarcir el daño ocasionado por muertes y lesionados por la onda expansiva incrementación la póliza del seguro de daños a terceros. La imagen de la empresa causaría pérdida de credibilidad sus medidas y dispositivos de seguridad, así como desconfianza e incertidumbre sobre sus operaciones de transporte de gas natural en el futuro para el reinicio después del evento.	- Manómetro del sistema de nitrógeno (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Juntas aislantes para protección del SPC (IG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522). - Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en estaciones de compresión CS1 y CS4 para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Tarahumara y el gasoducto Carso. Así como con tres bloques de compresión para mantener la presión a lo largo de todo el trayecto del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad. - Las estaciones de compresión cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de compresión se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte. - Sistema de Control de Procesos (SCP). - Sistema de Paro por Emergencia (SPE) - Sistema de Fuego y Gas (SFG) - Sistema de Detección de Fugas (SDF) - Sistema SCADA. - Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443. - Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar. - Capacitación al personal involucrado en la operación y mantenimiento. - Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos. - Procedimiento de certificación de materiales.	materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento. - Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio. - Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual. - Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria. - Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo. - Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (CS1-CS4, MLV's y EMRYC) previo a la temporada de lluvias.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipótesis de Riesgo	Daño al Personal y a la Población	Daño al Ambiente	Daño a la infraestructura / sistema de transporte	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_45_GAS EVE_46_GAS EVE_47_GAS EVE_48_GAS EVE_49_GAS EVE_50_GAS EVE_51_GAS EVE_52_GAS EVE_53_GAS EVE_54_GAS EVE_55_GAS EVE_56_GAS EVE_57_GAS EVE_58_GAS EVE_59_GAS EVE_61_GAS EVE_62_GAS				• Integridad mecánica y protección catódica. • Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto SM-000-WOR-EL-SPC-00001-S_00.pdf. • Especificaciones del Sistema anticorrosivo instalaciones aéreas y enterradas SM-000-WOR-PI-SPC-00002-S_00.pdf. • Válvulas de seguridad (PSV). • Sistema de Control de Proceso (SCP). • Sistema de Paro de Emergencia (SPE) • Sistema de detección de Fugas (SDF). • Sistema de Fuego y Gas (SFG). • Transmisor indicador de presión (PIT) • Transmisor indicador de temperatura (TIT) • Válvula de Corte de Suministro (ESDV) • Válvula Reguladora de Flujo (FCV) • Válvulas Electrohidráulicas (SDV). • Transmisor indicador de presión (PIT) • Transmisor indicador de temperatura (TIT) • Contador de Flujo (FQI). • Válvula Reguladora de Flujo (FCV) • Válvula de Corte de Suministro (ESDV)	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

B. Interacciones de riesgo

Cabe señalar que existen poblados con personas menores a 50 personas, cabe señalar que de las poblaciones existentes solo 22 tienen registro del Censo de Población y Viviendo 2020 de INEGI, las cuales se indican sus interacciones de riesgo con el proyecto.

Tabla 103. Interacciones de riesgo con las poblaciones dentro del radio de 800 metros

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Nombre Localidad	Población	Distancia (metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_1_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60100-MLV60101.	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 1	San Martín	3	524.97	NW	- Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. - Línea de by-pass, 16"-GN para venteo en caso de emergencia.	- Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (Waha, FERMACA y CARSO). - Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural.
EVE_2_GAS 20% (CMP)				Sección 1	Cajoncitos	DND	383.86	N		
EVE_9_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60104-MLV60205.	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 5	San Ignacio	DND	610.84	S	- Botonera de selección local/remoto (HI-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de posición cerrado (ZIC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de posición abierto (ZIO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Señal de cierre de válvula (HSC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Señal de apertura de válvula (HSO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Prueba de carrera parcial (HSP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa) (ZIP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Transmisor indicador de presión (PIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	- Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia. - Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos.
EVE_10_GAS 20% (CMP)				Sección 5	San Lorenzo (Rancho Leyva)	DND	448.14	S		
				Sección 5	La Central	DND	160.46	N		
EVE_11_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60205-MLV60206	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 6	El Cinco	DND	209.86	N		Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento.
EVE_12_GAS 20% (CMP)										
EVE_15_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60207-MLV60208	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99	Sección 8	María Número Dos	2	311.67	S		Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser
EVE_16_GAS				Sección 8	Ninguno	DND	456.89	S		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Nombre Localidad	Población	Distancia (metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
20% (CMP)			133.12/223.79/321.74	Sección 8	Espindoleño	DND	434.11	N	- Transmisor indicador de temperatura (TIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Manómetro del by-pass (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Manómetro del sistema de nitrógeno (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Juntas aislantes para protección del SPC (IG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522). - Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en estaciones de compresión CS1 y CS4 para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Tarahumara y el gasoducto Carso. Así como con tres bloques de compresión para mantener la presión a lo largo de todo el trayecto del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad. - Las estaciones de compresión cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de compresión se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte. - Sistema de Control de Procesos (SCP). - Sistema de Paro por Emergencia (SPE) - Sistema de Fuego y Gas (SFG) - Sistema de Detección de Fugas (SDF)	- realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio. - Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual. - Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria. - Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo. - Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (CS1-CS4, MLV's y EMRyC) previo a la temporada de lluvias.
EVE_17_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60208-MLV20409	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 9	Los Poños	5	249.63	S		
EVE_18_GAS 20% (CMP)										
EVE_19_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV20409-MLV60310.	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 10	Mesa de la Avena	DND	470.68	S		
EVE_20_GAS 20% (CMP)				Sección 10	El Bukar	DND	71.43	N		
EVE_21_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60310-MLV60311.	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 11	Arroyo de Vale	DND	400.66	S		
EVE_22_GAS 20% (CMP)				Sección 11	Sección el Oro	42	503.36	S		
				Sección 11	La Ciénega	DND	208.64	S		
EVE_23_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60311-MLV60312	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 12	Los Güerigos	DND	481.44	S		
EVE_24_GAS 20% (CMP)				Sección 12	Agua Fría	30	419.31	N		
EVE_24_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60312-MLV60313	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 530.37/1,301.52/2,080.86 ND/299.89/491.40 Sobrepresión	Sección 13	San Patricio (Elida Romero Viuda de Dávila)	DND	761.74	N		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Nombre Localidad	Población	Distancia (metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_25_ GAS 20% (CMP)			642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 13	El Papalote	DND	745.79	S	- Sistema SCADA. - Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443. - Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar. - Capacitación al personal involucrado en la operación y mantenimiento. - Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos. - Procedimiento de certificación de materiales. - Integridad mecánica y protección catódica. - Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto SM-000-WOR-EL-SPC-00001-S_00.pdf. - Especificaciones del Sistema anticorrosivo instalaciones aéreas y enterradas SM-000-WOR-PI-SPC-00002-S_00.pdf. - Válvulas de seguridad (PSV). - Sistema de Control de Proceso (SCP). - Sistema de Paro de Emergencia (SPE) - Sistema de detección de Fugas (SDF). - Sistema de Fuego y Gas (SFG).	
				Sección 13	Basoverachi	DND	279.67	SE		
				Sección 13	San Ignacio del Nori	DND	223.06	N		
				Sección 13	Santa Julia	DND	349.82	N		
				Sección 13	El Bellotal	DND	171.37	N		
EVE_27_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60313-MLV60314.	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 14	El Monte del Tren	DND	599.27	S		
EVE_28_ GAS 20% (CMP)				Sección 14	La Víbora	DND	802.58	N		
EVE_29_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60314-MLV60315	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 15	La Cieneguita	DND	207.08	S		
EVE_30_ GAS 20% (CMP)				Sección 15	El Caballo	DND	443.95	E		
				Sección 15	El Babiso	2	10.90	SE		
EVE_31_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60315-MLV60416.	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 16	El Chupadero	DND	56.31	S		
EVE_32_ GAS 20% (CMP)				Sección 16	El Guaje	DND	649.79	N		
EVE_33_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 570.45/1,1180.41/1851.68	Sección 17	La Milpona	DND	758.86	N		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Nombre Localidad	Población	Distancia (metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_34_ GAS 20% (CMP)	las válvulas MLV60416-MLV60417		95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 117.54/285.56/402.26						- Transmisor indicador de presión (PIT) - Transmisor indicador de temperatura (TIT) - Válvula de Corte de Suministro (ESDV) - Válvula Reguladora de Flujo (FCV) - Válvulas Electrohidráulicas (SDV). - Transmisor indicador de presión (PIT) - Transmisor indicador de temperatura (TIT) - Contador de Flujo (FQI). - Válvula Reguladora de Flujo (FCV) - Válvula de Corte de Suministro (ESDV)	
EVE_35_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60417-MLV60418	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 18	El Guarisivachi	DND	369.94	N		
EVE_36_ GAS 20% (CMP)				Sección 18	Agua Caliente (De Carrillo)	3	304.61	S		
				Sección 18	Molino Viejo	DND	212.65	S		
EVE_37_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60418-MLV60419	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 18	El Rincón Uno	DND	520.87	N		
EVE_38_ GAS 20% (CMP)				Sección 19	El Valle	2	159.32	S		
				Sección 19	El Bamori	3	510.69	N		
				Sección 19	El Klondike (Bamori)	DND	628.32	N		
EVE_39_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60419-MLV60420	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 20	El Estorbo	DND	220.38	N		
EVE_40_ GAS 20% (CMP)				Sección 20	Buenavista	8	502.57	S		
				Sección 20	La Pulsera (La Tuna)	1	424.42	S		
				Sección 20	Murijakichi	6	290.96	N		
				Sección 20	Las Trancas	2	542.70	N		
				Sección 20	El Nogal	4	676.02	N		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Nombre Localidad	Población	Distancia (metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Sección 20	El Centinela	3	569.10	N		
				Sección 20	El Bajío	DND	743.71	N		
				Sección 20	Agua del Cerro	DND	304.38	N		
				Sección 20	Rosalía Soto Fernández	3	458.33	N		
				Sección 20	El Cajón del Agua	DND	689.22	N		
EVE_41_GAS 100% (PC)				Sección 21	El Aguaje	5	757.04	S		
EVE_42_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60420-MLV60421	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 21	El Recreo	DND	461.12	S		
				Sección 21	El Fundador	DND	455.10	S		
				Sección 21	El Peñasco	2	352.90	NE		
				Sección 21	Esperanza Castro Monreal	DND	716.76	NE		
				Sección 21	Ninguno	DND	338.54	NE		
				Sección 21	Lauro Coronado Vázquez	DND	667.17	S		
				Sección 21	Enrique Araiza	DND	80.94	S		
				Sección 21	La Cieneguita	11	394.98	N		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Nombre Localidad	Población	Distancia (metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Sección 21	Casa Blanca	DND	165.58	N		
				Sección 21	San Juan	DND	677.05	S		
EVE_43_GAS 100% (PC)				Sección 22	San Felipe	1	627.35	S		
EVE_44_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60421-MLV60522	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 22	Santa Rosa	1	166.87	S		
				Sección 22	El Faldeo	DND	113.43	N		
				Sección 22	Los Federales	DND	234.10	N		
				Sección 22	Guadalupe (Corral de Espinas)	DND	572.49	S		
EVE_45_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60522-MLV60523	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 603.48/1,240.72/1,943.64 103.16/293.06/474.94 Sobrepresión 690.89/1,1161.33/1,756.40 186.76/293.85/416.95	Sección 23	El Apenitas	DND	210.54	S		
EVE_46_GAS 20% (CMP)				Sección 23	Santa Elena	DND	550.79	S		
				Sección 23	La Bura	DND	155.81	S		
EVE_47_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60523-MLV60524	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 674.14/1,304.23/2,054.74 128.95/303.40/491.26 Sobrepresión 681.63/1,154.66/1,752.61 171.05/283.44/406.91	Sección 24	El Cerro Colorado	DND	220.79	W		
EVE_48_GAS 20% (CMP)										
EVE_49_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 674.14/1,304.23/2,054.74	Sección 25	El Porvenir	1	362.87	E		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Nombre Localidad	Población	Distancia (metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_50_ GAS 20% (CMP)	las válvulas MLV60524-MLV60525		128.95/303.40/491.26 Sobrepresión 681.63/1,154.66/1,752.61 171.05/283.44/406.91							
EVE_51_ GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60525-MLV60526	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 685.61/1,257.94/2,002.08 162.73/306.43/494.90 Sobrepresión 634.58/1,099.69/1,656.42 166.99/272.86/387.24	Sección 26	El Dátil	DND	769.99	N		
EVE_52_ GAS 20% (CMP)										

Tabla 104. Interacciones de riesgo con las carreteras dentro del radio de 800 metros

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Jurisdicci	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_7_ GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60103-MLV60104	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 04	Federal 45	598.50	N	- Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. - Línea de by-pass, 16"-GN para venteo en caso de emergencia. - Botonera de selección local/remoto (HI-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de posición cerrado (ZIC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de posición abierto (ZIO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Señal de cierre de válvula (HSC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Señal de apertura de válvula (HSO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	- Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (FERMACA y CARSO). - Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural. - Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia. - Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para
EVE_8_ GAS 20% (CMP)				Sección 04	Federal 45	371.79	N		
				Sección 04	Federal 45	598.50	N		
				Sección 04	Municipal	122.74	NW		
EVE_9_ GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60104-MLV60205.	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 05	Federal 45	0.00	N,S,E,W	- Señal de cierre de válvula (HSC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Señal de apertura de válvula (HSO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	- Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia. - Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para
EVE_10_ GAS 20% (CMP)				Sección 05	Chihuahua	0.00	N,S,E,W		
				Sección 05	Municipal	361.81	S		
				Sección 05	Municipal	630.55	S		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Jurisdicci	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_11_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60205-MLV60206	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 06	Municipal	0.00	N,S,E,W	• Prueba de carrera parcial (HSP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa) (ZIP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Transmisor indicador de presión (PIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	• alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos. • Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento.
EVE_12_GAS 20% (PC)									
EVE_13_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60206-MLV60207	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 07	Municipal	732.02	S	• Transmisor indicador de temperatura (TIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Manómetro del by-pass (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Manómetro del sistema de nitrógeno (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) • Juntas aislantes para protección del SPC (IG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522). • Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en estaciones de compresión CS1 y CS4 para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Tarahumara y el gasoducto Carso. Así como con tres bloques de compresión para mantener la presión a lo largo de todo el trayecto del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad.	• Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio. • Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual. • Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria. • Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo. • Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (CS1-CS4, MLV's y EMRYC) previo a la temporada de lluvias.
EVE_14_GAS 20% (PC)				Sección 07	Chihuahua	0.00	N,S,E,W		
				Sección 07	Municipal	0.00	N,S,E,W		
				Sección 07	Municipal	0.00	N,S,E,W		
				Sección 07	Municipal	0.00	N,S,E,W		
EVE_15_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60207-MLV60208	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 8	Federal 10	0.00	N,S,E,W		
EVE_16_GAS 20% (CMP)				Sección 8	Municipal	640.10	NW		
				Sección 8	Municipal	0.00	N,S,E,W		
				Sección 08	Municipal	313.17	N		
EVE_17_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60208-MLV20409	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 9	Municipal	0.00	N,S,E,W	• Sistema de Control de Procesos (SCP). • Sistema de Paro por Emergencia (SPE)	
EVE_18_GAS 20% (CMP)									

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Jurisdicci	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_19_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV20409-MLV60310	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 10	Municipal	44.45	N	- Sistema de Fuego y Gas (SFG) - Sistema de Detección de Fugas (SDF) - Sistema SCADA. - Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443. - Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar. - Capacitación al personal involucrado en la operación y mantenimiento. - Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos. - Procedimiento de certificación de materiales. - Integridad mecánica y protección catódica. - Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto SM-000-WOR-EL-SPC-00001-S_00.pdf. - Especificaciones del Sistema anticorrosivo instalaciones aéreas y enterradas SM-000-WOR-PI-SPC-00002-S_00.pdf. - Válvulas de seguridad (PSV). - Sistema de Control de Proceso (SCP). - Sistema de Paro de Emergencia (SPE) - Sistema de detección de Fugas (SDF). - Sistema de Fuego y Gas (SFG). - Transmisor indicador de presión (PIT)	
EVE_20_GAS 20% (CMP)				Sección 10	Federal	0.00	N,S,E,W		
EVE_21_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60310-MLV60311	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 11	Municipal	642.35	S		
EVE_22_GAS 20% (CMP)									
EVE_25_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60312-MLV60313	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 530.37/1,301.52/2,080.86 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 689.85/1,139.27/1,723.88 189.13/303.41/426.85	Sección 13	Sonora	0.00	N,S,E,W		
EVE_26_GAS 20% (CMP)									
EVE_27_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60313-MLV60314	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 14	Municipal	0.00	N,S,E,W		
EVE_28_GAS 20% (CMP)									
EVE_29_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60314-MLV60315	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 15	Municipal	43.71	N		
EVE_30_GAS 20% (CMP)									
EVE_31_GAS			Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA	Sección 16	Federal	259.64	NE		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Jurisdicci	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60315-MLV60416	Gasoducto de 48”	532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85					- Transmisor indicador de temperatura (TIT) - Válvula de Corte de Suministro (ESDV) - Válvula Reguladora de Flujo (FCV) - Válvulas Electrohidráulicas (SDV). - Transmisor indicador de presión (PIT) - Transmisor indicador de temperatura (TIT) - Contador de Flujo (FQI). - Válvula Reguladora de Flujo (FCV) - Válvula de Corte de Suministro (ESDV)	
EVE_32_GAS 20% (CMP)									
EVE_33_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60416-MLV60417	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 570.45/1,1180.41/1851.68 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 117.54/285.56/402.26	Sección 17	Federal	0.00	N,S,E,W		
EVE_34_GAS 20% (CMP)				Sección 17	Municipal	0.00	N,S,E,W		
EVE_35_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60417-MLV60418	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 18	Sonora	0.00	N,S,E,W		
EVE_36_GAS 20% (CMP)									
EVE_37_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60418-MLV60419	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 19	Municipal	0.00	N,S,E,W		
EVE_38_GAS 20% (CMP)				Sección 19	Municipal	483.47	N		
				Sección 19	Sonora	82.00	S		
EVE_39_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60419-MLV60420	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 20	Sonora	0.00	N,S,E,W		
EVE_40_GAS 20% (CMP)				Sección 20	Sonora	296.76	SW		
EVE_41_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 571.06/1,1180.89/1852.89	Sección 21	Federal 54	441.71	NW		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Jurisdicci	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones	
EVE_42_ GAS 20% (CMP)	las válvulas MLV60420-MLV60421		95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 21	Federal 2	265.42	N			
				Sección 21	Sonora	0.00	N,S,E,W			
				Sección 21	Federal 15	769.68	N			
				Sección 21	Federal 15	769.68	NW			
				Sección 21	Municipal	0.00	N,S,E,W			
				Sección 21	Federal 15	0.00	N,S,E,W			
EVE_43_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60421-MLV60522	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 22	Federal 15	416.66	N			
EVE_44_ GAS 20% (CMP)										EVE_51_GAS 100% (PC) EVE_52_ GAS 20% (CMP)
EVE_51_GAS 100% (PC) EVE_52_ GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60526-EMRyC Puerto Libertad	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 685.61/1,257.94/2,002.08 162.73/306.43/494.90 Sobrepresión 634.58/1,099.69/1,656.42 166.99/272.86/387.24	Sección 27	Sonora	0.00	N,S,E,W			

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 105. Interacciones de riesgo con las carreteras dentro del radio de 800 metros

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_1_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60100-MLV60101.	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Camino	Sección 01	356.33	NW	Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte.	- Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (FERMACA y CARSO). - Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural. - Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia. - Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos. - Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento. - Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio.
EVE_2_GAS 20% (CMP)				Camino	Sección 01	231.07	NW	Línea de by-pass, 16"-GN para venteo en caso de emergencia.	
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W	Botonera de selección local/remoto (HI-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W	Indicador de posición cerrado (ZIC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	567.17	NW	Indicador de posición abierto (ZIO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	284.94	NW	Señal de cierre de válvula (HSC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W	Señal de apertura de válvula (HSO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	24.14		Prueba de carrera parcial (HSP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W	Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa) (ZIP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W	Transmisor indicador de presión (PIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	256.90	SE	Transmisor indicador de temperatura (TIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	320.37	NW	Manómetro del by-pass (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	65.04	SW	Manómetro del sistema de nitrógeno (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W	- Juntas aislantes para protección del SPC (IG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522). - Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en estaciones de compresión CS1 y CS4 para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Tarahumara y el gasoducto Carso. Así como con tres bloques de compresión para mantener la presión a lo largo de todo el trayecto del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad. - Las estaciones de compresión cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de compresión se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte.	- Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual. - Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria. - Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo. - Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (CS1-CS4, MLV's y EMRyC) previo a la temporada de lluvias.
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 01	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 01	286.31	N		
EVE_3_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60101-MLV60102	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Camino	Sección 02	492.37	N	- Sistema de Control de Procesos (SCP). - Sistema de Paro por Emergencia (SPE) - Sistema de Fuego y Gas (SFG) - Sistema de Detección de Fugas (SDF) - Sistema SCADA. - Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443. - Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar. - Capacitación al personal involucrado en la operación y mantenimiento. - Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos. - Procedimiento de certificación de materiales.	
EVE_4_GAS 20% (CMP)				Camino	Sección 02	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 02	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 02	273.35	NW		
				Camino	Sección 02	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 02	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 02	461.58	NW		
				Camino	Sección 02	710.57	NW		
				Camino	Sección 02	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 02	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 02	0.00	N,S,E,W	- Integridad mecánica y protección catódica. - Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto SM-000-WOR-EL-SPC-00001-S_00.pdf. - Especificaciones del Sistema anticorrosivo instalaciones aéreas y enterradas SM-000-WOR-PI-SPC-00002-S_00.pdf. - Válvulas de seguridad (PSV). - Sistema de Control de Proceso (SCP). - Sistema de Paro de Emergencia (SPE) - Sistema de detección de Fugas (SDF). - Sistema de Fuego y Gas (SFG). - Transmisor indicador de presión (PIT) - Transmisor indicador de temperatura (TIT) - Válvula de Corte de Suministro (ESDV) - Válvula Reguladora de Flujo (FCV) - Válvulas Electrohidráulicas (SDV). - Transmisor indicador de presión (PIT) - Transmisor indicador de temperatura (TIT) - Contador de Flujo (FQI). - Válvula Reguladora de Flujo (FCV) - Válvula de Corte de Suministro (ESDV)	
				Camino	Sección 02	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 02	508.43	SE		
				Camino	Sección 02	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 02	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 02	800.00	N		
EVE_5_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60102-MLV60103	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		
EVE_6_GAS 20% (CMP)				Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 03	743.50	NW		
				Camino	Sección 03	713.28	SW		
				Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 03	680.76	S		
				Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 03	69.39	N		
				Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 03	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 03	212.35	NW		
EVE_7_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60103-MLV60104	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W		
EVE_8_GAS 20% (CMP)				Camino	Sección 04	158.30	N		
				Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 04	461.51	S		
				Camino	Sección 04	622.22	S		
				Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 04	609.41	S		
				Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W		
Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W						

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 04	521.51	S		
				Camino	Sección 04	799.76	SW		
				Camino	Sección 04	581.34	S		
				Camino	Sección 04	633.33	N		
				Camino	Sección 04	59.57	N		
				Camino	Sección 04	0.00	N,S,E,W		
EVE_9_ GAS 100% (PC)				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
EVE_10_ GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60104-MLV60205	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Camino	Sección 05	779.75	N		
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	665.46	S		
				Camino	Sección 05	4.08	N		
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	284.49	S		
				Camino	Sección 05	778.37	S		
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	107.68	S		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	42.03	N		
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 05	725.69	N		
EVE_11_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 06	0.00	N,S,E,W		
EVE_12_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60205-MLV60206	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Camino	Sección 06	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 06	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 06	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 06	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 06	798.38	N		
				Camino	Sección 06	569.84	N		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 06	243.11	NW		
				Camino	Sección 06	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 06	463.79	S		
				Camino	Sección 06	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 06	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 06	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 06	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 06	627.71	S		
				Camino	Sección 06	662.12	N		
				Camino	Sección 06	613.18	NW		
EVE_13_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 07	0.00	N,S,E,W		
EVE_14_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60206-MLV60207	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Camino	Sección 07	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 07	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 07	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 07	85.87	S		
				Camino	Sección 07	579.17	S		
				Camino	Sección 07	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 07	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 07	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 07	236.29	N		
				Camino	Sección 07	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 07	20.16	N		
				Camino	Sección 07	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 07	20.16	N		
				Camino	Sección 07	639.29	N		
				Camino	Sección 07	763.47	N		
				Camino	Sección 07	259.57	S		
EVE_15_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 08	0.00	N,S,E,W		
EVE_16_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60207-MLV60208	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Camino	Sección 08	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 08	234.68	N		
				Camino	Sección 08	448.33	N		
				Camino	Sección 08	691.91	N		
				Camino	Sección 08	387.82	S		
				Camino	Sección 08	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 08	701.10	N		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 08	422.09	NW		
				Camino	Sección 08	363.73	S		
				Camino	Sección 08	455.53	S		
				Camino	Sección 08	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 08	127.81	S		
				Camino	Sección 08	582.76	N		
				Camino	Sección 08	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 08	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 08	783.09	N		
				Camino	Sección 08	719.44	S		
EVE_17_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 09	678.35	S		
EVE_18_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60208-MLV20409	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Camino	Sección 09	294.38	S		
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 09	8.55	S		
				Camino	Sección 09	724.77	NW		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 09	322.29	SW		
				Camino	Sección 09	218.17	NW		
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 09	530.35	N		
				Camino	Sección 09	268.07	S		
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 09	734.57	S		
				Camino	Sección 09	0.00	N,S,E,W		
EVE_19_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV20409-MLV60310	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Camino	Sección 10	702.21	N		
EVE_20_GAS 20% (CMP)				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 10	312.12	N		
				Camino	Sección 10	564.01	S		
				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 10	677.66	N		
				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 10	399.81	N		
				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 10	409.10	S		
				Camino	Sección 10	48.62	S		
				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 10	331.65	S		
				Camino	Sección 10	96.56	N		
				Camino	Sección 10	357.43	N		
				Camino	Sección 10	63.32	S		
				Camino	Sección 10	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_21_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60310-MLV60311	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Camino	Sección 11	0.00	N,S,E,W		
EVE_22_GAS 20% (CMP)				Camino	Sección 11	317.05	S		
				Camino	Sección 11	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 11	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 11	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 11	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 11	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 11	689.87	S		
				Camino	Sección 11	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 11	396.27	S		
				Camino	Sección 11	0.00	N,S,E,W		
EVE_23_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60311-MLV60312	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Camino	Sección 12	755.34	N		
EVE_24_GAS 20% (CMP)				Camino	Sección 12	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 12	472.97	N		
				Camino	Sección 12	447.58	S		
				Camino	Sección 12	482.88	S		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 12	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 12	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 12	299.07	S		
				Camino	Sección 12	143.25	NW		
EVE_25_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 13	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 13	206.30	N		
				Camino	Sección 13	388.09	N		
				Camino	Sección 13	179.43	N		
				Camino	Sección 13	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 13	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 13	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 13	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 13	465.49	S		
				Camino	Sección 13	628.57	S		
				Camino	Sección 13	437.01	N		
				Camino	Sección 13	388.31	N		
				Camino	Sección 13	0.00	N,S,E,W		
EVE_26_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60312-MLV60313	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 530.37/1,301.52/2,080.86 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 689.85/1,139.27/1,723.88 189.13/303.41/426.85						

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 13	104.06	S		
EVE_27_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60313-MLV60314	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Camino	Sección 14	0.00	N,S,E,W		
EVE_28_GAS 20% (CMP)				Camino	Sección 14	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 14	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 14	623.54	N		
				Camino	Sección 14	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 14	5.37	N		
				Camino	Sección 14	485.15	S		
				Camino	Sección 14	213.43	S		
				Camino	Sección 14	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 14	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 14	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 14	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 14	55.07	N		
				Camino	Sección 14	0.00	N,S,E,W		
EVE_29_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48"	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23	Camino	Sección 15	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_30_GAS 20% (CMP)	DN entre las válvulas MLV60314-MLV60315		ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Camino	Sección 15	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 15	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 15	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 15	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 15	158.40	NW		
				Camino	Sección 15	168.96	NW		
				Camino	Sección 15	542.88	S		
				Camino	Sección 15	243.67	SE		
				Camino	Sección 15	631.03	SE		
EVE_31_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60315-MLV60416	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Camino	Sección 16	0.00	N,S,E,W		
Camino				Sección 16	176.91	S			
Camino				Sección 16	0.00	N,S,E,W			
Camino				Sección 16	730.77	S			
Camino				Sección 16	0.00	N,S,E,W			
Camino				Sección 16	0.00	N,S,E,W			
Camino				Sección 16	32.67	N,S			
Camino				Sección 16	59.07	S			

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 16	94.88	S		
				Camino	Sección 16	141.73	S		
				Camino	Sección 16	19.07	N		
				Camino	Sección 16	0.00	N,S,E,W		
EVE_33_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 17	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 17	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 17	579.63	N		
				Camino	Sección 17	68.81	N		
				Camino	Sección 17	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 17	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 17	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 17	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 17	363.30	N		
				Camino	Sección 17	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 17	757.67	N		
				Camino	Sección 17	682.52	SE		
				Camino	Sección 17	0.00	N,S,E,W		
EVE_34_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60416-MLV60417	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 570.45/1,1180.41/1851.68 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 117.54/285.56/402.26						

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 17	88.16	S		
				Camino	Sección 17	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 17	505.85	N		
EVE_35_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 18	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 18	223.06	N		
				Camino	Sección 18	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 18	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 18	434.43	N		
				Camino	Sección 18	277.50	NE		
				Camino	Sección 18	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 18	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 18	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 18	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 18	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 18	0.00	N,S,E,W		
EVE_36_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60417-MLV60418	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26						
EVE_37_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60418-MLV60419	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32	Camino	Sección 19	514.14	S		
EVE_38_GAS				Camino	Sección 19	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
20% (CMP)			177.54/285.56/402.26	Camino	Sección 19	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 19	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 19	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 19	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 19	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 19	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 19	42.17	N		
				Camino	Sección 19	35.50	N		
				Camino	Sección 19	597.26	N		
				Camino	Sección 19	479.62	N		
				Camino	Sección 19	489.82	N		
				Camino	Sección 19	315.31	N		
				Camino	Sección 19	740.89	S		
				Camino	Sección 19	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 19	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 19	287.82	S		
				Camino	Sección 19	429.62	N		
				Camino	Sección 19	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 19	141.64	S		
EVE_39_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	437.25	N		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	517.11	SW		
				Camino	Sección 20	457.75	NE		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	690.59	N		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	102.41	S		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	665.92	N		
				Camino	Sección 20	230.85	N		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
EVE_40_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60419-MLV60420	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26						

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 20	337.30	S		
				Camino	Sección 20	500.62	S		
				Camino	Sección 20	296.50	N		
				Camino	Sección 20	366.49	N		
				Camino	Sección 20	134.88	S		
				Camino	Sección 20	236.93	SW		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	208.84	SE		
				Camino	Sección 20	462.98	S		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	613.31	N		
				Camino	Sección 20	191.54	N		
				Camino	Sección 20	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 20	565.09	N		
				Camino	Sección 20	206.35	SE		
EVE_41_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48"	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89	Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_42_ GAS 20% (CMP)	DN entre las válvulas MLV60420-MLV60421		95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	428.40	N		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	687.62	E		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	398.61	W		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	755.20	N		
				Camino	Sección 21	609.54	S		
				Camino	Sección 21	144.49	N		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	102.14	S		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	505.10	S		
				Camino	Sección 21	496.59	S		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 21	750.84	S		
				Camino	Sección 21	748.68	S		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	212.36	E		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	451.80	SW		
				Camino	Sección 21	727.37	SW		
				Camino	Sección 21	735.98	S		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	690.04	S		
				Camino	Sección 21	79.57	NE		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 21	718.41	NE		
				Camino	Sección 21	219.79	NE		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 21	556.24	SW		
				Camino	Sección 21	0.00	N,S,E,W		
EVE_43_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	117.03	W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	82.00	W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	108.68	S		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	780.44	W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
EVE_44_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60421-MLV60522	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26						

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	321.90	W		
				Camino	Sección 22	373.72	W		
				Camino	Sección 22	571.43	W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 22	0.00	N,S,E,W		
EVE_45_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 23	190.04	N		
EVE_46_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60522-MLV60523	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Camino	Sección 23	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 23	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 23	607.65	S		
				Camino	Sección 23	222.02	N		
				Camino	Sección 23	112.14	N		
				Camino	Sección 23	332.79	S		
				Camino	Sección 23	645.10	S		
				Camino	Sección 23	195.79	S		
				Camino	Sección 23	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 23	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 23	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 23	425.42	N		
				Camino	Sección 23	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 23	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 23	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 23	241.84	S		
				Camino	Sección 23	446.53	S		
				Camino	Sección 23	751.46	N		
				Camino	Sección 23	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 23	0.00	N,S,E,W		
EVE_47_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 24	0.00	N,S,E,W		
EVE_48_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60523-MLV60524	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Camino	Sección 24	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 24	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 24	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 24	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 24	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 24	301.57	E		
				Camino	Sección 24	472.21	E		
				Camino	Sección 24	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 24	236.83	W		
				Camino	Sección 24	180.73	E		
				Camino	Sección 24	47.41	E		
				Camino	Sección 24	138.22	W		
				Camino	Sección 24	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 24	285.74	W		
				Camino	Sección 24	560.71	W		
				Camino	Sección 24	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 24	0.00	N,S,E,W		
EVE_49_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
EVE_50_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60524-MLV60525	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 674.14/1.304.23/2,054.74 128.95/303.40/491.26 Sobrepresión 681.63/1.154.66/1.752.61 171.05/283.44/406.91	Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	11.22	N		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	160.85	W		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	579.21	W		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 25	201.30	S		
				Camino	Sección 25	442.44	S		
				Camino	Sección 25	0.00	N,S,E,W		
EVE_51_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60525-MLV60526	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 685.61/1,257.94/2,002.08 162.73/306.43/494.90 Sobrepresión 634.58/1,099.69/1,656.42 166.99/272.86/387.24	Camino	Sección 26	312.99	N		
EVE_52_GAS 20% (CMP)				Camino	Sección 26	657.45	N		
				Camino	Sección 26	160.77	N		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 26	747.64	N		
				Camino	Sección 26	423.52	N		
				Camino	Sección 26	233.91	N		
				Camino	Sección 26	310.77	N		
				Camino	Sección 26	47.16	N		
				Camino	Sección 26	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 26	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 26	102.26	S		
				Camino	Sección 26	340.88	S		
				Camino	Sección 26	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 26	774.75	N		
				Camino	Sección 26	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 26	684.01	N		
				Camino	Sección 26	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 26	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 26	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 26	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 26	0.00	N,S,E,W		

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 26	19.98	N		
				Camino	Sección 26	158.95	N		
				Camino	Sección 26	432.45	S		
				Camino	Sección 26	384.18	N		
EVE_53_GAS 100% (PC)				Camino	Sección 27	318.38	N		
				Camino	Sección 27	607.32	N		
				Camino	Sección 27	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 27	370.79	W		
				Camino	Sección 27	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 27	31.26	NW		
				Camino	Sección 27	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 27	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 27	759.02	N		
				Camino	Sección 27	352.89	N		
				Camino	Sección 27	661.14	S		
				Camino	Sección 27	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 27	152.36	W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
				Camino	Sección 27	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 27	0.00	N,S,E,W		
				Camino	Sección 27	600.74	W		
				Camino	Sección 27	398.37	W		

Tabla 106. Interacciones de riesgo con las líneas de transmisión dentro del radio de 800 metros

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_7_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60103-MLV60104	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 04	Línea De Transmisión	444.63	N	- Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. - Línea de by-pass, 16"-GN para venteo en caso de emergencia.	- Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (FERMACA y CARSO). - Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural.
EVE_8_GAS 20% (CMP)				Sección 04	Línea De Transmisión	444.63	N		
EVE_9_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60104-MLV60205.	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 05	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W	- Botonera de selección local/remoto (HI-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de posición cerrado (ZIC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de posición abierto (ZIO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Señal de cierre de válvula (HSC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Señal de apertura de válvula (HSO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Prueba de carrera parcial (HSP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	- Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia. - Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos.
EVE_10_GAS 20% (CMP)				Sección 05	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 05	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 05	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 05	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
EVE_13_GAS		Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA	Sección 07	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60206-MLV60207		613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74					- Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa) (ZIP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Transmisor indicador de presión (PIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Transmisor indicador de temperatura (TIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Manómetro del by-pass (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Manómetro del sistema de nitrógeno (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Juntas aislantes para protección del SPC (IG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522). - Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en estaciones de compresión CS1 y CS4 para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Tarahumara y el gasoducto Carso. Así como con tres bloques de compresión para mantener la presión a lo largo de todo el trayecto del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad. - Las estaciones de compresión cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de compresión se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte. - Sistema de Control de Procesos (SCP).	- Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento. - Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio. - Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual. - Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria. - Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo. - Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (CS1-CS4, MLV's y EMRyC) previo a la temporada de lluvias.
EVE_14_GAS 20% (CMP)									
EVE_15_GAS 100% (PC)	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	Sección 08	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W			
EVE_16_GAS 20% (CMP)			Sección 08	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W			
EVE_25_GAS 100% (PC)	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 530.37/1,301.52/2,080.86 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 689.85/1,139.27/1,723.88 189.13/303.41/426.85	Sección 13	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W			
EVE_26_GAS 20% (CMP)									
EVE_27_GAS 100% (PC)	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 14	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W			
EVE_28_GAS 20% (CMP)									
EVE_29_GAS 100% (PC)	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA 532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85	Sección 15	Línea De Transmisión	768.36	N			
EVE_30_GAS 20% (CMP)									
EVE_31_GAS		Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR IZA	Sección 16	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60315-MLV60416		532.79/1,301.33/2,080.23 ND/299.89/491.40 Sobrepresión 642.76/1055.16/1,603.90 189.13/303.41/426.85					- Sistema de Paro por Emergencia (SPE) - Sistema de Fuego y Gas (SFG) - Sistema de Detección de Fugas (SDF) - Sistema SCADA. - Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443. - Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar. - Capacitación al personal involucrado en la operación y mantenimiento. - Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos. - Procedimiento de certificación de materiales. - Integridad mecánica y protección catódica. - Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto SM-000-WOR-EL-SPC-00001-S_00.pdf. - Especificaciones del Sistema anticorrosivo instalaciones aéreas y enterradas SM-000-WOR-PI-SPC-00002-S_00.pdf. - Válvulas de seguridad (PSV). - Sistema de Control de Proceso (SCP). - Sistema de Paro de Emergencia (SPE) - Sistema de detección de Fugas (SDF).	
EVE_32_GAS 20% (CMP)				Sección 16	Línea De Transmisión	165.90	NE		
EVE_33_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60416-MLV60417	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 570.45/1,1180.41/1851.68 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 117.54/285.56/402.	Sección 17	Línea De Transmisión	288.95	SW		
EVE_34_GAS 20% (CMP)				Sección 17	Línea De Transmisión	409.58	S		
				Sección 17	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 17	Línea De Transmisión	322.36	N		
				Sección 17	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
EVE_35_GAS 100% (PC)				Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60417-MLV60418	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 18		
EVE_36_GAS 20% (CMP)									
EVE_39_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60419-MLV60420	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 20	Línea De Transmisión	226.37	S		
EVE_40_GAS 20% (CMP)				Sección 20	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 20	Línea De Transmisión	685.62	S		
EVE_41_GAS		Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA	Sección 21	Línea De Transmisión	160.90	N		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60420-MLV60421		571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26					- Sistema de Fuego y Gas (SFG). - Transmisor indicador de presión (PIT) - Transmisor indicador de temperatura (TIT) - Válvula de Corte de Suministro (ESDV) - Válvula Reguladora de Flujo (FCV) - Válvulas Electrohidráulicas (SDV). - Transmisor indicador de presión (PIT) - Transmisor indicador de temperatura (TIT) - Contador de Flujo (FQI). - Válvula Reguladora de Flujo (FCV) - Válvula de Corte de Suministro (ESDV)	
EVE_42_GAS 20% (CMP)				Sección 21	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 21	Línea De Transmisión	427.27	N		
				Sección 21	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 21	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 21	Línea De Transmisión	522.83	E		
				Sección 21	Línea De Transmisión	423.41	N		
				Sección 21	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 21	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 21	Línea De Transmisión	512.83	S		
				Sección 21	Línea De Transmisión	49.93	S		
				Sección 21	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
EVE_43_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60421-MLV60522	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 22	Línea De Transmisión	303.67	N		
				Sección 22	Línea De Transmisión	52.96	N		
				Sección 22	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
				Sección 22	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
EVE_44_GAS 20% (CMP)				Sección 22	Línea De Transmisión	48.12	N		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Jurisdicción	Seccion	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_45_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60522-MLV60523	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 23	Línea De Transmisión	220.09	S		
EVE_46_GAS 20% (CMP)									
EVE_47_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60523-MLV60524	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 24	Línea De Transmisión	0.00	N,S,E,W		
EVE_48_GAS 20% (CMP)									
EVE_51_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60525-MLV60526	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 685.61/1,257.94/2,002.08 162.73/306.43/494.90 Sobrepresión 634.58/1,099.69/1,656.42 166.99/272.86/387.24	Sección 26	Línea De Transmisión	747.34	N		
EVE_52_GAS 20% (CMP)									
EVE_53_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60526-EMRyC Puerto Libertad	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 685.61/1,257.94/2,002.08 162.73/306.43/494.90 Sobrepresión 634.58/1,099.69/1,656.42 166.99/272.86/387.24	Sección 27	Línea De Transmisión	292.83	N		
EVE_54_GAS 20% (CMP)									

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 107. Interacciones de riesgo con las vías férreas dentro del radio de 800 metros

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion n	Jurisdicció	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_45_GAS 100% (PC) EVE_46_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60522-MLV60523	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	sección 23	vía férrea	0.00	N,S,E,W	- Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. - Línea de by-pass, 16"-GN para venteo en caso de emergencia.	- Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (FERMACA y CARSO). - Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural. - Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia. - Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos. - Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento. - Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio.
EVE_43_GAS 100% (PC) EVE_44_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60421-MLV60522	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	sección 22	vía férrea	0.00	N,S,E,W	- Botonera de selección local/remoto (HI-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de posición cerrado (ZIC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de posición abierto (ZIO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
EVE_41_GAS 100% (PC) EVE_42_GAS 20% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60420-MLV60421	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	sección 21 sección 21	vía férrea vía férrea	0.00 369.68	N,S,E,W NW	- Señal de cierre de válvula (HSC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Señal de apertura de válvula (HSO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Prueba de carrera parcial (HSP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
EVE_17_GAS 100% (PC) EVE_18_GAS 20% (CMP)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60207-MLV60208	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	sección 09	vía férrea	0.00	N,S,E,W	- Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa) (ZIP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Transmisor indicador de presión (PIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	
EVE_9_GAS 100% (PC) EVE_10_GAS	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60104-MLV60205.	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	sección 05	vía férrea	0.00	N,S,E,W	- Transmisor indicador de temperatura (TIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Manómetro del by-pass (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion n	Jurisdicció	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
20% (CMP)								- Manómetro del sistema de nitrógeno (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Juntas aislantes para protección del SPC (IG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522). - Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en estaciones de compresión CS1 y CS4 para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Tarahumara y el gasoducto Carso. Así como con tres bloques de compresión para mantener la presión a lo largo de todo el trayecto del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad. - Las estaciones de compresión cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de compresión se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte. - Sistema de Control de Procesos (SCP). - Sistema de Paro por Emergencia (SPE) - Sistema de Fuego y Gas (SFG) - Sistema de Detección de Fugas (SDF) - Sistema SCADA. - Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443. - Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar.	- Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual. - Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria. - Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo. - Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (CS1-CS4, MLV's y EMRyC) previo a la temporada de lluvias.
EVE_7_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60103-MLV60104	Gasoducto de 48"	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 613.77/1,116.75/1,775.18 154.29/282.50/452.96 Sobrepresión 569.50/991.38/1465.99 133.12/223.79/321.74	sección 04	vía férrea	0.00	N,S,E,W		
EVE_8_GAS 20% (CMP)									

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion n	Jurisdicció	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
								• Capacitación al personal involucrado en la operación y mantenimiento. • Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos. • Procedimiento de certificación de materiales. • Integridad mecánica y protección catódica. • Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto SM-000-WOR-EL-SPC-00001-S_00.pdf. • Especificaciones del Sistema anticorrosivo instalaciones aéreas y enterradas SM-000-WOR-PI-SPC-00002-S_00.pdf. • Válvulas de seguridad (PSV). • Sistema de Control de Proceso (SCP). • Sistema de Paro de Emergencia (SPE) • Sistema de detección de Fugas (SDF). • Sistema de Fuego y Gas (SFG). • Transmisor indicador de presión (PIT) • Transmisor indicador de temperatura (TIT) • Válvula de Corte de Suministro (ESDV) • Válvula Reguladora de Flujo (FCV) • Válvulas Electrohidráulicas (SDV). • Transmisor indicador de presión (PIT) • Transmisor indicador de temperatura (TIT)	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion n	Jurisdicció	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
								- Contador de Flujo (FQI). - Válvula Reguladora de Flujo (FCV) - Válvula de Corte de Suministro (ESDV)	

Tabla 108. Interacciones de riesgo con las ductos dentro del radio de 800 metros

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Jurisdicció	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_41_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60420-MLV60421	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 21	PEMEX	N,S,E,W	0.00	- Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte. - Línea de by-pass, 16”-GN para venteo en caso de emergencia. - Botonera de selección local/remoto (HI-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de posición cerrado (ZIC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Indicador de posición abierto (ZIO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Señal de cierre de válvula (HSC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Señal de apertura de válvula (HSO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Prueba de carrera parcial (HSP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)	- Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor (FERMACA y CARSO). - Mantener actualizada la lista de contacto con proveedores de gas natural. - Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia. - Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos. - Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para
EVE_42_GAS 20% (PC)									
EVE_43_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60421-MLV60522	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 571.06/1,1180.89/1852.89 95.32/278.26/451.42 Sobrepresión 652.48/1,110.65/1,679.32 177.54/285.56/402.26	Sección 22	PEMEX	N,S,E,W	0.00		
EVE_44_GAS 20% (CMP)									
EVE_51_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las válvulas MLV60525-MLV60526	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 685.61/1,257.94/2,002.08 162.73/306.43/494.90 Sobrepresión 634.58/1,099.69/1,656.42 166.99/272.86/387.24	Sección 26	Sistemas de Transporte	N,S,E,W	0.00		
EVE_52_GAS 20% (CMP)									
EVE_53_GAS 100% (PC)	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48” DN entre las	Gasoducto de 48”	Radiación Térmica ZDE/ZAR /ZA 685.61/1,257.94/2,002.08	Sección 27	Sistemas de Transporte	N,S,E,W	0.00		

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Jurisdicció	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
EVE_54_ GAS 20% (CMP)	válvulas MLV60526-EMRyC Puerto Libertad		162.73/306.43/494.90 Sobrepresión 634.58/1,099.69/1,656.42 166.99/272.86/387.24					- Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa) (ZIP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Transmisor indicador de presión (PIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Transmisor indicador de temperatura (TIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Manómetro del by-pass (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Manómetro del sistema de nitrógeno (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522) - Juntas aislantes para protección del SPC (IG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522). - Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en estaciones de compresión CS1 y CS4 para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Tarahumara y el gasoducto Carso. Así como con tres bloques de compresión para mantener la presión a lo largo de todo el trayecto del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad. - Las estaciones de compresión cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de compresión se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte. - Sistema de Control de Procesos (SCP). - Sistema de Paro por Emergencia (SPE)	- dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento. - Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio. - Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual. - Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria. - Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo. - Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (CS1-CS4, MLV's y EMRyC) previo a la temporada de lluvias.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Jurisdicció	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
								• Sistema de Fuego y Gas (SFG) • Sistema de Detección de Fugas (SDF) • Sistema SCADA. • Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443. • Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar. • Capacitación al personal involucrado en la operación y mantenimiento. • Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos. • Procedimiento de certificación de materiales. • Integridad mecánica y protección catódica. • Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto SM-000-WOR-EL-SPC-00001-S_00.pdf. • Especificaciones del Sistema anticorrosivo instalaciones aéreas y enterradas SM-000-WOR-PI-SPC-00002-S_00.pdf. • Válvulas de seguridad (PSV). • Sistema de Control de Proceso (SCP). • Sistema de Paro de Emergencia (SPE) • Sistema de detección de Fugas (SDF). • Sistema de Fuego y Gas (SFG).	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Hipotesis de riesgo	Descripción	Equipo	Tipo de evento /Radio de afectación (m)	Seccion	Jurisdicció	Distancia (Metros)	Dirección	Descripción Salvaguardas	Recomendaciones
								• Transmisor indicador de presión (PIT) • Transmisor indicador de temperatura (TIT) • Válvula de Corte de Suministro (ESDV) • Válvula Reguladora de Flujo (FCV) • Válvulas Electrohidráulicas (SDV). • Transmisor indicador de presión (PIT) • Transmisor indicador de temperatura (TIT) • Contador de Flujo (FQI). • Válvula Reguladora de Flujo (FCV) • Válvula de Corte de Suministro (ESDV)	

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

VI. REPOSICIONAMIENTO DE LOS ESCENARIOS DE RIESGO

El árbol de sucesos es una sencilla técnica de análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos que permite estudiar procesos secuenciales de hipotéticos accidentes a partir de sucesos iniciales indeseados, verificando así la efectividad de las medidas preventivas existentes y valorar de manera adecuada la frecuencia y consecuencia de los riesgos identificados y analizados.

Ante un determinado y posible accidente (normalmente grave) que puede ser generado por una multiplicidad de causas y circunstancias adversas, trata de conocer todas las posibles vías desencadenantes, identificando los fallos básicos y originarios.

La probabilidad de materialización de tales fallos también deberá ser averiguada, para poder estimar cuál es la del acontecimiento final en cuestión. Es, como vemos, una técnica inductiva de tipo cualitativo y cuantitativo, más compleja que la anterior, debido a que incorpora el análisis probabilístico.

El "**árbol de sucesos**", es una técnica de algún modo complementaria al "**árbol de fallos y errores**". Esta técnica del árbol de sucesos, desarrolla un diagrama gráfico secuencial a partir de sucesos "iniciadores" o desencadenantes de incidencia significativa y, por supuesto indeseados, para averiguar todo lo que puede acontecer y, en especial, comprobar si las medidas preventivas existentes o previstas son suficientes para limitar o minimizar los efectos negativos.

Evidentemente tal suficiencia vendrá determinada por el correspondiente análisis probabilístico que esta técnica también acomete.

A. Metodología de árbol de sucesos

El árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos es un método inductivo que describe la evolución de un suceso iniciador sobre la base de la respuesta de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas.

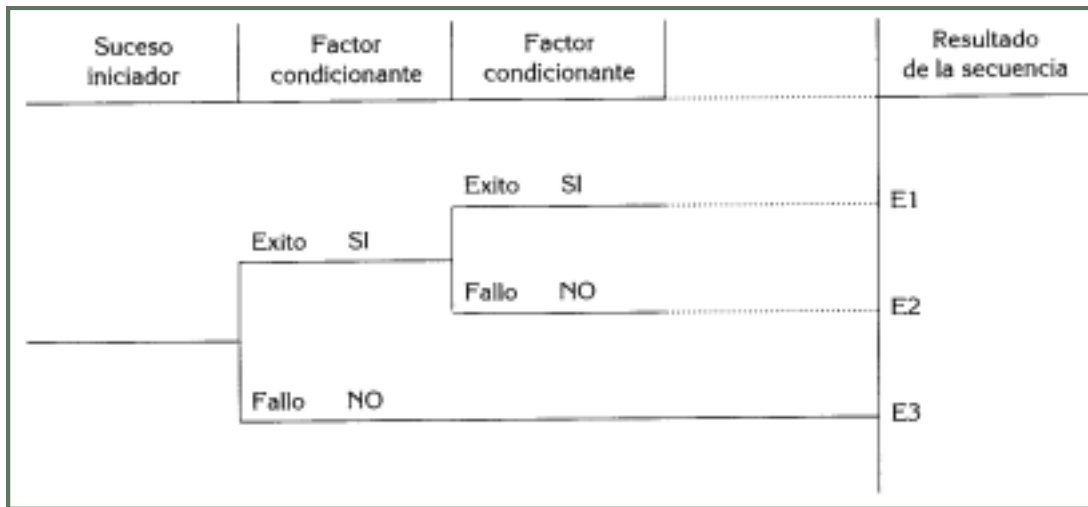
Partiendo del suceso iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a distintos eventos.

A.1. Construcción de árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos

La construcción del árbol comienza por la identificación de los N factores condicionantes de la evolución del suceso iniciador. A continuación, se colocan estos como cabezales de la estructura gráfica. Partiendo del iniciador se plantea sistemáticamente dos bifurcaciones: en la parte superior se refleja el éxito o la ocurrencia del suceso condicionante y en la parte inferior se representa el fallo o no ocurrencia de este.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 50. Esquema general de un árbol de sucesos.



Se obtienen así 2^N combinaciones o secuencias teóricas. Sin embargo, las dependencias entre los sucesos hacen que la ocurrencia o éxito de uno de ellos pueda eliminar la posibilidad de otros, reduciéndose así el número total de secuencias. La disposición horizontal de los cabezales se suele hacer por orden cronológico de evolución del accidente.

A.2. Evaluación del árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos

El árbol de sucesos así definido tiene las siguientes características:

- El suceso iniciador viene determinado por una frecuencia (f), expresada normalmente en eventos por año.
- Los N factores condicionantes son sucesos definidos por su probabilidad de ocurrencia: p_i , $i=1, N$.
- Los sucesos complementarios de estos tienen asociados, según una probabilidad de $1-p_i$, $i=1, N$.

Como se considera que los factores condicionantes son sucesos independientes, cada una de las secuencias, s , tiene asociada una frecuencia, f , de:

$$F_s = f \prod p_i (1-p_i) = 1. N_{ij} = 1, n_j$$

Siendo:

N_i : el número de sucesos de éxito de la secuencia s .

N_j : el número de sucesos de fallo de la secuencia s .

De esta forma también se cumple que la suma de las frecuencias de todas las secuencias accidentales es igual a la frecuencia del iniciador:

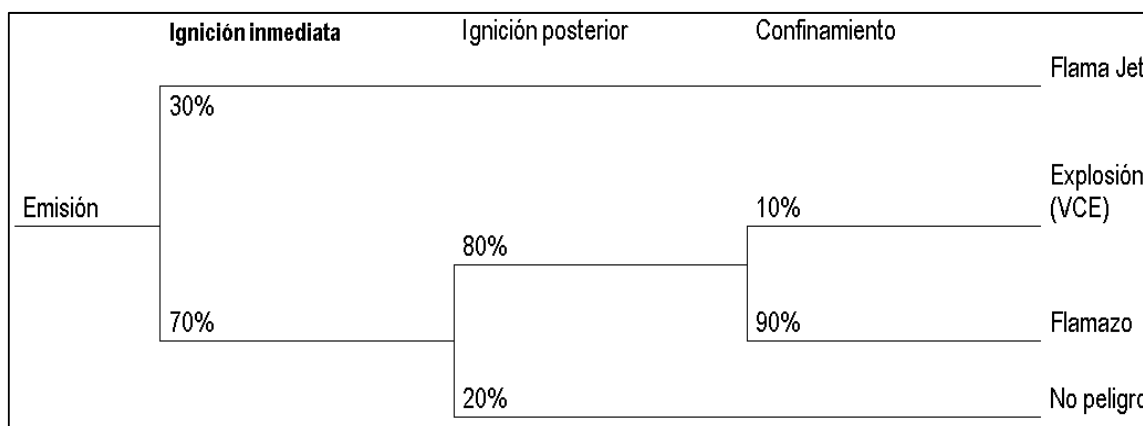
$$\sum f_s = f$$

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

La obtención de los valores p_i se basa generalmente en datos bibliográficos, estimaciones de expertos o en la aplicación de la técnica del árbol de fallos descrita en el punto anterior.

Una vez dado el incidente de fuga y mediante el estudio y análisis de varios casos de fugas de gas natural en ductos (Ref.: (Mathurkar H.N., Gupta A)¹², se llegó a la conclusión que el gas natural emitido puede desencadenar una serie de eventos, los cuales se describen con sus probabilidades en la siguiente figura.

Figura. 51. Árbol de eventos derivados de una fuga de gas



Fuente: Mathurkar H.N., Gupta A, National Environmental Engineering Research Institute (NEERI), Nagpur, India

A.3.- Evaluación del árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos establecidos

Suceso 1: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 2.59E-04

Suceso 2: Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 4.86E-04

Suceso 3: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la **CS1**, **CS2**, **CS3** y **CS4** con riesgo de incendio y/o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 6.53E-04

Suceso 4: Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.

¹² Cross-country Pipeline Safety Assessment Mathurkar H.N., Gupta A, National Environmental Engineering Research Institute (NEERI), Nagpur, India

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

P_i calculada en el árbol de fallos es de 4.86E-04

Factores condicionantes de la evolución del suceso que se indican en la cabecera del esquema:

- **Ignición inmediata.** Representa la probabilidad de que se produzca la ignición en el momento de la fuga. Se considera que la probabilidad de que esto ocurra es de 0.3.
- **Ignición retardada.** La probabilidad de encendido retardado depende del punto final del cálculo. En el cálculo del riesgo específico del lugar solo se tienen en cuenta las fuentes de ignición en el lugar del establecimiento.

La probabilidad de ignición retardada esta dada por:

- $P_{\text{ignición retardada}} = 1 - P_{\text{ignición directa}}$

El suceso complementario tiene una probabilidad de $1 - 0.3 = 0.7$.

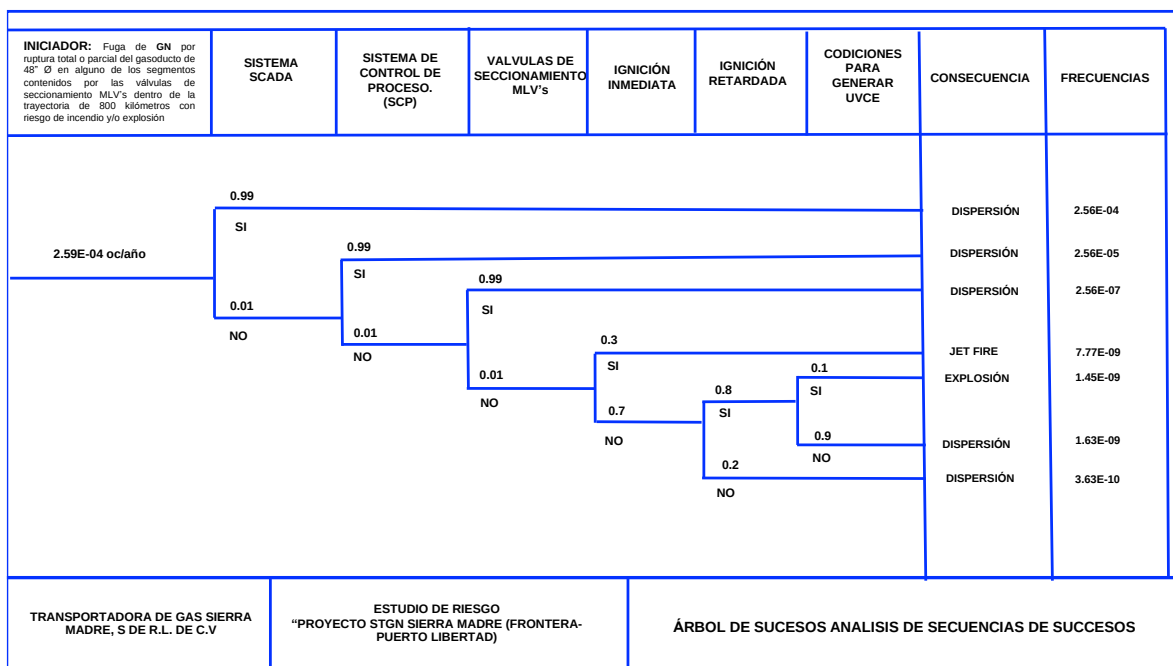
- **Correcto funcionamiento de la Válvula de seccionamiento (MLV's).** Se refiere a la puesta de cierre, en caso de una caída súbita de presión (line break) en el ducto en un lapso; esta detección se realizará a través del Transmisor de Presión dedicado para esta función, el cual enviará una señal al Controlador de la MLV para energizar la válvula solenoide del Sistema de Emergencia de la MLV (módulo ESD) y llevarla a su posición Cerrada. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema de Control de Proceso.** Se refiere a las funciones de control y supervisión de toda la instrumentación de campo y equipos paquete involucrados con el sistema. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema de Paro de Emergencia.** La función principal del SPE es monitorear las variables relacionadas con las funciones de seguridad y en caso de presentarse alguna condición no segura, activar los elementos finales de control para mantener el área de compresión segura y salvaguardar la integridad del personal operativo y de las instalaciones. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto Funcionamiento del Sistema de Fuego y Gas.** Las Estaciones de Compresión contarán con un sistema de detección de fuego y gas, el cual estará localizado en el **CCP**; tendrá como función principal detectar oportunamente un conato de incendio o fuga de gases/vapores inflamables para alertar al personal y para ejecutar las funciones de seguridad necesarias para la protección de las personas y se minimicen los daños materiales y pérdidas económicas. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema SCADA.** Se refiere al correcto monitoreo satelital de los sistemas de control o salvaguardas. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Condiciones para generar una UVCE.** Representa la probabilidad de que el gas entre límites de inflamabilidad sea suficiente para dar lugar a una explosión no confinada. Se estima esta probabilidad en 0.1.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 109. Sistemas de seguridad o salvaguardas principales para los componentes del STGN presentes en los sucesos del árbol de eventos

SUCESO	DESCIPCIÓN	SCADA	SCP	MLV'S	SPE	SFG
1	Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	X	X	X		
2	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión		X		X	X
3	Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión		X		X	X
4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.	X		X	X	X

Figura. 52. Análisis de árbol de eventos del Suceso 1



Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de sucesos.

Tabla 110. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 1

Evento	Frecuencia eventos/año
Jet Fire	7.77E-09

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Evento	Frecuencia eventos/año
Explosión	1.45E-09
Dispersión	2.82E-04

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de sucesos.

Descripción de las consecuencias Suceso 1

Primera consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 48" Ø
- Funcionamiento correcto del Sistema SCADA, Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento MLV's.
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 2.56E-04.

Segunda consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 48" Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA,
- Funcionamiento correcto Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento MLV's.
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 2.56E-05.

Tercera consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 48" Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA y Sistema de Control de Proceso (SCP)
- Funcionamiento correcto Válvulas de seccionamiento MLV's.
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 2.56E-07.

Cuarta consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 48" Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA, Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento MLV's.
- Funcionamiento correcto
- Ignición inmediata de la nube inflamable
- Chorro de Fuego (Jet Fire) con frecuencia de 7.77E-09.

Quinta consecuencia

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

- Fuga de GN gasoducto de 48” Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA, Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento MLV's.
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Ignición retardada de la nube inflamable
- Condiciones para generar UVCE
- Explosión (Sobrepresión) con frecuencia de 1.45E-09.

Sexta consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 48” Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA, Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento MLV's.
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Ignición retardada de la nube inflamable
- No hay condiciones para generar UVCE
- Dispersión con frecuencia de 1.63E-09.

Séptima consecuencia

- Fuga de GN gasoducto de 48” Ø
- Funcionamiento incorrecto del Sistema SCADA, Sistema de Control de Proceso (SCP) y Válvulas de seccionamiento MLV's.
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- No hay ignición retardada de la nube inflamable
- Dispersión con frecuencia de 3.63E-10.

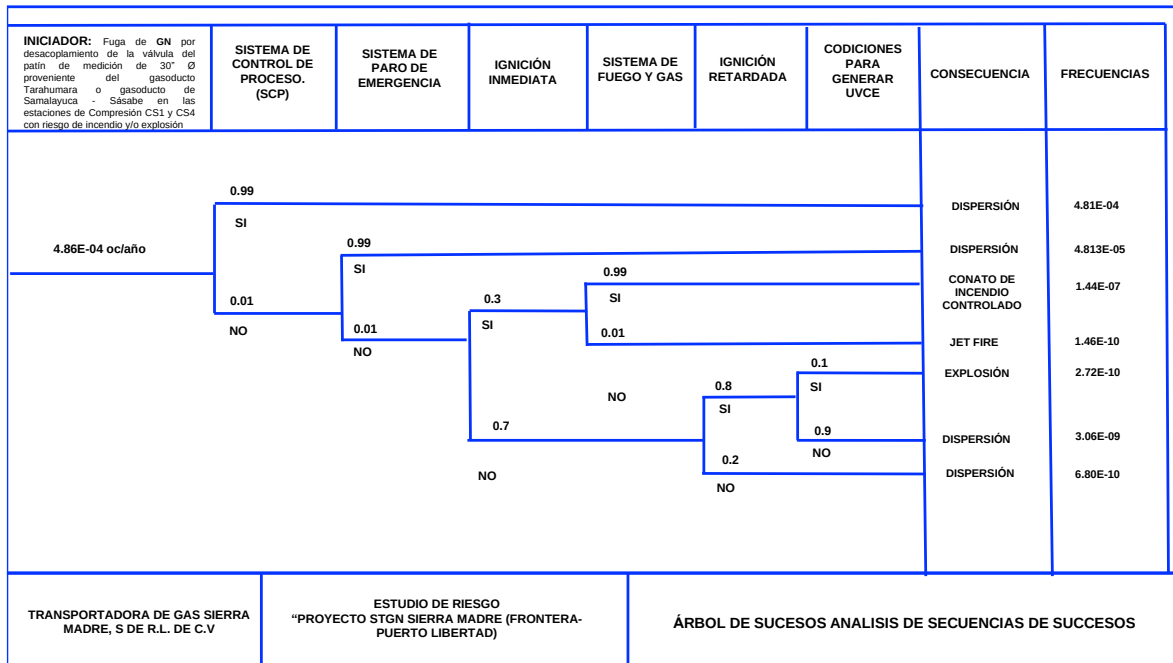
Tabla 111. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 2

Suceso	Frecuencia eventos/año
Jet Fire	1.46E-10
Explosión	2.72E-10
Dispersión	5.29E-04
Conato de incendio controlado	1.44E-07

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de sucesos.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Figura. 53. Análisis de árbol de eventos del Suceso 2



Descripción de las consecuencias Suceso 2

Primera consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4.
- Funcionamiento correcto del Sistema de Control de Proceso (SCP), Sistema de Paro de Emergencia (SPE) y Sistema de Fuego y Gas (SFG).
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 4.81E-04.

Segunda consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP)
- Funcionamiento correcto Sistema de Paro de Emergencia (SPE) y Sistema de Fuego y Gas (SFG).
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 4.81E-05.

Tercera consecuencia

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- Ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento correcto Sistema de Fuego y Gas.
- Conato de incendio controlado con frecuencia de 1.44 E-07.

Cuarta consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- Ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Chorro de Fuego (Jet Fire) con frecuencia de 1.46E-10.

Quinta consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Ignición retardada de la nube inflamable
- Condiciones para generar UVCE
- Explosión (Sobrepresión) con frecuencia de 2.72E-10.

Sexta consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4.

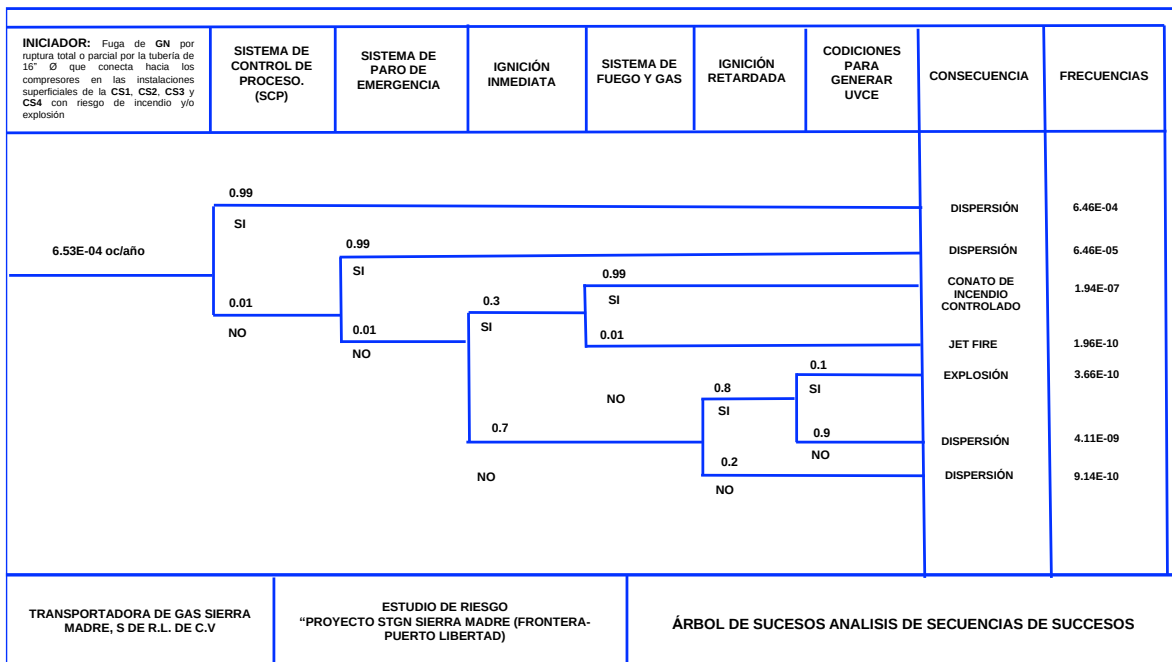
ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Ignición retardada de la nube inflamable
- No hay condiciones para generar UVCE
- Dispersión con frecuencia de 3.06E-09.

Séptima consecuencia

- Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30” Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- No hay ignición retardada de la nube inflamable
- Dispersión con frecuencia de 6.80E-10.

Figura. 54. Análisis de árbol de eventos del Suceso 3



ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 112. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 3

Suceso	Frecuencia eventos/año
Jet Fire	1.96E-10
Explosión	3.66E-10
Dispersión	7.11E-04
Conato de incendio controlado	1.944E-07

Descripción de las consecuencias Suceso 3

Primera consecuencia

- Fuga de **GN** por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la **CS1**, **CS2**, **CS3** y **CS4** con riesgo de incendio y/o explosión.
- Funcionamiento correcto del Sistema de Control de Proceso (SCP), Sistema de Paro de Emergencia (SPE) y Sistema de Fuego y Gas (SFG).
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 6.46E-04.

Segunda consecuencia

- Fuga de **GN** por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la **CS1**, **CS2**, **CS3** y **CS4** con riesgo de incendio y/o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP)
- Funcionamiento correcto Sistema de Paro de Emergencia (SPE) y Sistema de Fuego y Gas (SFG).
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 6.46E-05.

Tercera consecuencia

- Fuga de **GN** por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la **CS1**, **CS2**, **CS3** y **CS4** con riesgo de incendio y/o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- Ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento correcto Sistema de Fuego y Gas.
- Conato de incendio controlado con frecuencia de 1.94 E-07.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Cuarta consecuencia

- Fuga de **GN** por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la **CS1**, **CS2**, **CS3** y **CS4** con riesgo de incendio y/o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- Ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Chorro de Fuego (Jet Fire) con frecuencia de 1.96E-10.

Quinta consecuencia

- Fuga de **GN** por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la **CS1**, **CS2**, **CS3** y **CS4** con riesgo de incendio y/o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Ignición retardada de la nube inflamable
- Condiciones para generar UVCE
- Explosión (Sobrepresión) con frecuencia de 3.66E-10.

Sexta consecuencia

- Fuga de **GN** por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la **CS1**, **CS2**, **CS3** y **CS4** con riesgo de incendio y/o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Ignición retardada de la nube inflamable
- No hay condiciones para generar UVCE
- Dispersión con frecuencia de 4.11E-09.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Séptima consecuencia

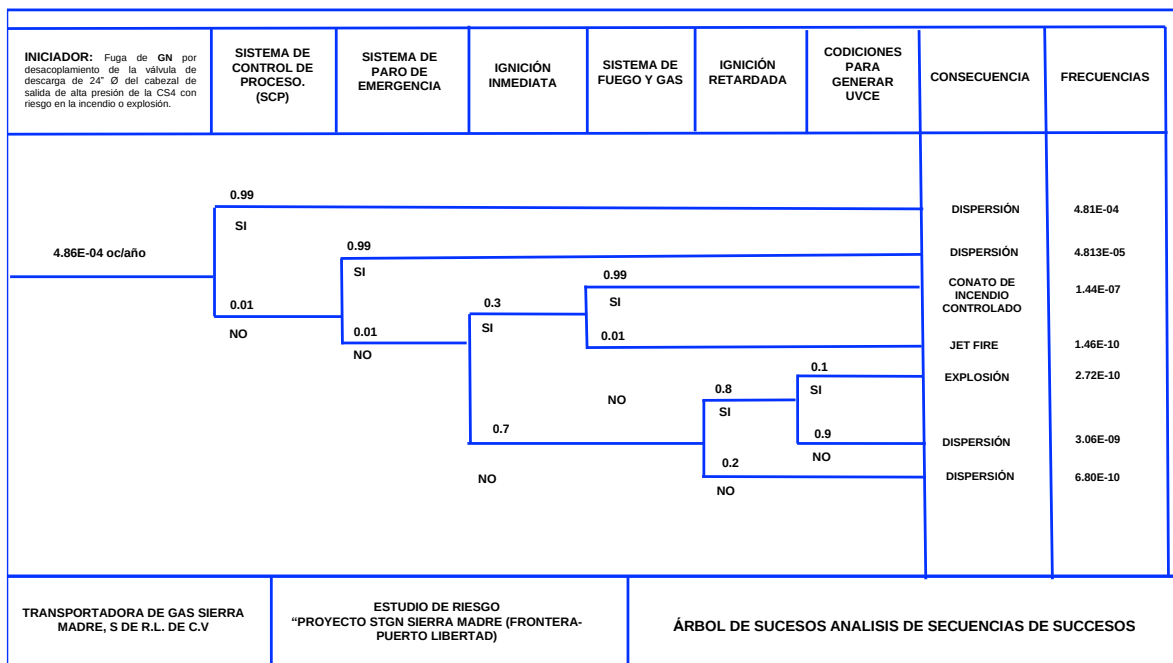
- Fuga de **GN** por ruptura total o parcial por la tubería de 16” Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la **CS1**, **CS2**, **CS3** y **CS4** con riesgo de incendio y/o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- No hay ignición retardada de la nube inflamable
- Dispersión con frecuencia de 9.14E-10.

Tabla 113. Resultado del análisis de árbol de eventos suceso 4

Suceso	Frecuencia eventos/año
Jet Fire	1.46E-10
Explosión	2.72E-10
Dispersión	5.29E-04
Conato de incendio controlado	1.44E-07

Fuente: Elaboración propia con base en la metodología de árbol de sucesos.

Figura. 55. Análisis de árbol de eventos del Suceso 4



ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Primera consecuencia

- Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.
- Funcionamiento correcto del Sistema de Control de Proceso (SCP), Sistema de Paro de Emergencia (SPE) y Sistema de Fuego y Gas (SFG).
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 4.81E-04.

Segunda consecuencia

- Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP)
- Funcionamiento correcto Sistema de Paro de Emergencia (SPE) y Sistema de Fuego y Gas (SFG).
- Dispersión de nube de GN con frecuencia de 4.81E-05.

Tercera consecuencia

- Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- Ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento correcto Sistema de Fuego y Gas.
- Conato de incendio controlado con frecuencia de 1.44 E-07.

Cuarta consecuencia

- Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- Ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Chorro de Fuego (Jet Fire) con frecuencia de 1.46E-10.

Quinta consecuencia

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Ignición retardada de la nube inflamable
- Condiciones para generar UVCE
- Explosión (Sobrepresión) con frecuencia de 2.72E-10.

Sexta consecuencia

- Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- Funcionamiento incorrecto Sistema de Fuego y Gas.
- Ignición retardada de la nube inflamable
- No hay condiciones para generar UVCE
- Dispersión con frecuencia de 3.06E-09.

Séptima consecuencia

- Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.
- Funcionamiento incorrecto del Sistema de Control de Proceso (SCP) y Sistema de Paro de Emergencia (SPE).
- No hay ignición inmediata de la nube inflamable
- No hay ignición retardada de la nube inflamable
- Dispersión con frecuencia de 6.80E-10.

Cabe señalar que en el análisis **HAZOP** a fin de estimar los máximos daños posibles, en identificación y jerarquización de riesgos, no se han considerado los controles y medidas de reducción de riesgos (salvaguardas, protecciones o barreras) para asignar los valores de frecuencia y consecuencia. En este sentido, haciendo un reposicionamiento de escenarios de riesgo donde se

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

consideran las medidas preventivas de seguridad y mitigación de riesgos y los protocolos de respuesta a emergencias para la reducción de frecuencias se tienen los siguientes resultados.

Tabla 114. Frecuencias utilizadas en el HAZOP y frecuencias calculadas con base en las salvaguardas establecidas

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/año	Tipo
F4	Poco Frecuente	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10	>0.1 a ≤ 0.2 ($>1 \times 10^{-1}$ a $\leq 2 \times 10^{-1}$)	Sin considerar las salvaguardas establecidas del STGN ($>1.0 \times 10^{-1}$ a $\leq 2.0 \times 10^{-1}$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	>0.0001 a ≤ 0.001 ($>1 \times 10^{-4}$ a $\leq 1 \times 10^{-3}$)	Considerando las salvaguardas del STGN. (1.45×10^{-9} a 3.66×10^{-10})

Con base en lo anterior se estima el riesgo inherente y el riesgo residual

Riesgo Inherente: Es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontrarán Riesgos para las personas o para la ejecución de la actividad en sí misma. Es el Riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de Riesgos. El riesgo inherente es el valor obtenido del análisis del árbol de fallas, considerando las probabilidades de las tasas de falla que se presentan.

Riesgo Residual: Es el Riesgo remanente después del tratamiento de Riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de Riesgos para mitigar el Riesgo Inherente; el Riesgo Residual puede contener Riesgos no identificados, también puede ser conocido como Riesgo retenido. El riesgo residual es el valor obtenido del análisis del árbol de sucesos a partir del valor del riesgo inherente considerando las medidas de reducción y mitigación de riesgos.

A continuación de se presentan el reposicionamiento de los escenarios de riesgo identificados dentro del **HAZOP** para el STGN Sierra Madre (Frontera – Puerto Libertad).

Con base en los resultados del reposicionamiento de los escenarios de riesgo se tiene que con los sistemas de seguridad establecidos para el proyecto **STGN**, **los escenarios de riesgo que posiblemente se esperarían se encuentran en la región de riesgo tolerable.**

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 115. Sobreposición de los escenarios de riesgo

Escenario	Desviación	Descripción	Sin medidas de reducción y mitigación de riesgos				Con medidas de reducción y mitigación de riesgos			
			Nivel de riesgos	Frecuencia	Consecuencia	Riesgo inherente	Nivel de riesgos	Frecuencia	Consecuencia	Riesgo residual
ESC_1	Menos Flujo Menos presión Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) Más corrosión	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad. Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	16 B	4	4	2.59E-04	4 D	1	4	2.23E-09
ESC_2	Más flujo	Aumento de presión en la válvula del patín de medición de la CS1 y CS4. Fuga de gas natural en válvula de patín de filtración con riesgo de incendio o explosión		4	4	4.86E-04		1	4	4.18E-10
ESC_3	Menos presión Menos Flujo Más Corrosión	Ruptura parcial o total de ducto que conduce al patín de filtración o hasta el sistema de medición, compresión o regulación en CS o EMRyC. Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión		4	4	6.53E-04		1	4	5.62E-10
ESC_4	Más Presión	Aumento de presión en la válvula de descarga del cabezal salida de alta presión de la CS4. Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga del cabezal de salida de alta presión con riesgo de incendio o explosión.		4	4	4.86E-04		1	4	4.18E-10

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

VII. SISTEMAS DE SEGURIDAD Y MEDIDAS PARA ADMINISTRAR LOS ESCENARIOS DE RIESGO

A.- SISTEMAS DE SEGURIDAD

A.1.- Sistemas de Protección Catódica (SPC)

A.1.1.- Diseño del SPC

El sistema de protección catódica debe ser un sistema de servicio continuo y confiable, de fácil mantenimiento e intercambiabilidad de los equipos. Se deberá considerar la protección catódica en las válvulas de seccionamiento, en las estaciones de compresión y en la estación de medición y regulación.

El sistema de protección catódica para toda estructura enterrada deberá diseñarse con el fin de mitigar la velocidad de corrosión que podría ocasionar fallas estructurales, de tal manera que evite cualquier efecto corrosivo adverso en estructuras cercanas (equipos, tuberías, cables, etc.), dando cumplimiento a las mejores prácticas de ingeniería y la normatividad aplicable. La vida útil del diseño del sistema de protección catódica será de 30 años.

La protección catódica para el sistema de transporte y las estaciones de compresión será a base de corriente impresa, respaldada con ánodos de sacrificio en las estaciones de compresión y **EMRyC**. Se contará con rectificadores ubicados de manera estratégica.

Previo al diseño del sistema de protección catódica se deberá efectuar lo siguiente:

- Estudio de interferencias electromagnéticas a lo largo de la tubería para evaluar las condiciones de riesgo AC, establecer las medidas de mitigación y cumplir con los lineamientos necesarios para obtener los permisos de cruzamiento con las líneas de alta tensión.
- Realizar un levantamiento con la finalidad de detectar paralelismos y cruzamientos con líneas eléctricas de alta tensión.
- Realizar el plano típico de los cruzamientos y/o paralelismos con las líneas de alta tensión.
- Considerar sistema de mitigación contra arco eléctrico en las juntas aislantes, el tipo de cable a ocupar será como mínimo de 10AWG-HWPE

Así mismo, se desarrollarán los procedimientos y pruebas de monitoreo para determinar si se ha obtenido una protección catódica adecuada.

Los planos de ingeniería deben definir claramente la ubicación del equipo de protección catódica incorporado en la tubería, así como la ubicación de otras instalaciones o estructuras a la vista o enterradas que pudiesen afectar o ser afectadas por el sistema de protección catódica.

A.1.2.- Criterios de diseño del SPC

Para proteger catódicamente a las estructuras enterradas, se debe cumplir como mínimo con uno de los criterios indicados a continuación:

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Un potencial estructura-electrolito (catódico) mínimo de - 0,850 V, de CD, medido respecto de un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄), en contacto con electrolito en estructuras enterradas. La determinación de este voltaje se debe hacer con la corriente eléctrica aplicada.
- Un potencial de protección estructura-electrolito (catódico) de - 0,950 V, medido respecto de un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄), cuando el área circundante de la tubería se encuentre en condiciones anaeróbicas y estén presentes microorganismos asociados al fenómeno de corrosión como las bacterias sulfato-reductoras, para una interpretación válida se debe efectuar la corrección a que haya lugar, debido a la caída de voltaje originada durante la medición.
- Un cambio de potencial de polarización mínimo de - 0,100 V, medido entre la superficie de la tubería y un electrodo de referencia de cobre/sulfato de cobre saturado (Cu/CuSO₄) en contacto con el electrolito.
- El cambio de potencial de polarización se debe determinar interrumpiendo la corriente eléctrica de protección y midiendo el abatimiento de la polarización. Los periodos de suspensión de corriente eléctrica de protección, durante los cuales se puede realizar dicha medición están en el rango de 0,1 a 3,0 segundos.

A.2.- Diseño e Instrumentación

A.2.1.- Válvulas

A.2.1.1. Válvulas de Bloqueo ESDV / SDV.

Las válvulas serán tipo bola paso completo, de un cuarto de vuelta para operación de bloqueo. El diseño de éstas (Cuerpo, Bridas y Distancia entre Bridas) estará conforme a los requerimientos de los estándares ASME B16.34, ASME B16.5, ANSI B16.10 y ASME B16.47. El material de la válvula e internos deberá cumplir con la especificación de materiales de tuberías. Para todas las válvulas / actuadores, se deberán entregar con la preparación y pintura de acuerdo con las bases de diseño de tuberías SM-0000-WOR-PI-BOD-00001 y especificación de materiales de tuberías SM-0000-WOR-PI-SPC-00001. Estas válvulas serán con cierre hermético (cero fugas) en cumplimiento con el estándar API-598 (se entregará certificado de prueba), última revisión vigente. Las válvulas tipo bola cumplirán con la prueba de fuego en cumplimiento con el estándar API-607 y el API-6FA, última revisión vigente.

Para las válvulas de bloqueo ESDV / SDV se debe considerar un actuador electrohidráulico. El actuador electrohidráulico será de tipo pistón de simple efecto, retorno por resorte, con condición de falla abre (FO) o cierra (FC); y de doble efecto, con condición de falla última posición (FL) conforme se indique en los DTIs. El accionamiento es a través de un sistema hidráulico integral como fluido de potencia. Los actuadores electrohidráulicos (motor) deberán ser alimentados a 24 VCA en estaciones donde sea limitada la alimentación eléctrica mientras se cumpla el torque necesario. Se deberá suministrar un tanque de almacenamiento para el fluido hidráulico con indicador local de nivel e interruptor de bajo nivel. El fluido será recomendado por el fabricante. Las válvulas tendrán una Bomba Hidráulica para accionamiento manual de emergencia.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Todos los accesorios eléctricos y electrónicos del actuador (válvulas solenoide, Interruptores, etc.) estarán encapsulados para cumplir el requerimiento de a prueba de explosión y deberán ser adecuados para la clase en la que se encuentren de acuerdo con el plano de áreas clasificadas del proyecto y cumplir con FM o CSA.

Para las válvulas ESDV / SDV, el actuador contará con protección ignifuga y deberá actuar al cierre automático en presencia de fuego, bajo la confirmación del SFG.

El proveedor debe efectuar en forma conjunta con personal designado por el cliente, la inspección de cada uno de los elementos que integran el pedido, comprobando que estén completos y conforme a los requisitos técnicos solicitados en esta base de diseño. El proveedor debe de cumplir como mínimo con los siguientes:

- Requerimientos técnicos y contractuales.
- La aplicación de las normas, códigos, procedimientos o como especificaciones de todos los componentes del pedido.
- Certificados de aseguramiento de calidad o reportes de calidad o informes de resultados de calidad de todos los componentes del pedido.
- Las pruebas finales de aceptación de todos los componentes del pedido.
- El acabado y embalaje de los componentes del pedido. Manuales de operación, mantenimiento y números de parte de cada uno de los componentes del pedido.

Durante la ingeniería de detalle se garantizará el cumplimiento con las DACG que establecen los Lineamientos para la prevención y el control integral de las emisiones de metano del Sector Hidrocarburos.

Esta inspección no libera al proveedor de cumplir con todo lo expresado o implicado en las especificaciones o de las garantías del proveedor que el material cumplirá satisfactoriamente bajo las condiciones razonables de servicio. No se aceptarán cargos debidos a esta inspección.

Durante las pruebas FAT el proveedor deberá entregar a MP los certificados de materiales y calibración de fábrica. Los procedimientos de certificación para el conjunto válvula - actuador se deben ajustar a normas internacionales elaboradas para cumplir con este requisito.

A fin de evitar fuentes de fuga, se debe verificar las siguientes partes:

- Brida de montaje y acoplamiento
- Sellos del tornillo del tope
- Cada actuador se debe revisar (hidráulicamente) para verificar fugas a través del sello del pistón, aplicando el 100 % de la presión de operación en el cilindro
- Verificar el ajuste de los tornillos de tope de carrera del actuador que permitan el desplazamiento requerido por la válvula.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

- Cada actuador debe ser operado al menos 5 veces consecutivas en cada dirección con el 10 % de la presión de operación, para permitir que los sellos alcancen la condición de servicio.
- Cada actuador se debe inspeccionar para verificar una rotación de 90°
- Todos los accesorios deben estar instalados en el actuador para que sean probados en forma integral con el actuador.
- Probar la capacidad de efectuar la operación de la posición abierta cerrada del actuador utilizando el operador manual (siempre y cuando se requiera el operador manual con el actuador o el conjunto válvula-actuador). Adicionalmente se debe probar el tiempo requerido de apertura y cierre de la válvula.
- Se deben probar los accesorios del actuador que manejen protocolos de comunicación de acuerdo con lo establecido.
- Cada actuador debe tener el Informe de Resultados de las pruebas que se mencionan arriba.

La válvula de bloqueo y sus accesorios deben suministrarse con una placa permanentemente asegurada (no se aceptan uniones por adhesivo), con la siguiente información:

- a. Identificación (TAG) y servicio.
- b. Nombre del fabricante y modelo.
- c. Material de los internos.
- d. Rango de operación.
- e. Tamaño del cuerpo y puerto.

A.2.1.2. Válvulas de Despresurización de Emergencia BDV.

Las válvulas serán tipo bola paso completo, de un cuarto de vuelta para operación de bloqueo. El diseño de éstas (Cuerpo, Bridas y Distancia entre Bridas) estará conforme a los requerimientos de los estándares ASME B16.34, ASME B16.5, ANSI B16.10 y ASME B16.47. El material de la válvula e internos deberá cumplir con la especificación de materiales de tuberías. Para todas las válvulas / actuadores, se deberán entregar con la preparación y pintura de acuerdo con las bases de diseño de tuberías SM-0000-WOR-PI-BOD-00001 y especificación de materiales de tuberías SM-0000-WOR-PI-SPC-00001. Estas válvulas serán con cierre hermético (cero fugas) en cumplimiento con el estándar API-598 (se entregará certificado de prueba), última revisión vigente. Las válvulas tipo bola cumplirán con la prueba de fuego en cumplimiento con el estándar API-607 y el API-6FA, última revisión vigente.

Para las válvulas BDV se debe considerar un actuador neumático tipo pistón de simple efecto, retorno por resorte, con condición de falla abre (FO), accionado mediante suministro de aire proveniente del paquete de aire comprimido. Para el dimensionamiento del actuador, se deberá considerar un factor de seguridad de 1.3 con respecto a la presión máxima de operación de la válvula.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Las válvulas solenoides serán del tipo 3 vías 2 posiciones, bajo consumo a 24 VCD. Debe contar con interruptores de posición abierto / cerrado tipo DPDT o SPDT de 24 VCD. Todos los componentes eléctricos de la válvula deben ser a prueba de explosión, con certificado FM, CSA o similar.

La válvula BDV deberá tener integrado en el cuerpo una placa de identificación de acero inoxidable (no se admite que la placa se pegue con adhesivos), con la siguiente información:

- a. Identificación (TAG) y servicio.
- b. Nombre del fabricante y modelo.
- c. Material de los internos.
- d. Rango de operación.
- e. Tamaño del cuerpo y puerto.

A.2.1.3. Válvulas de Control Modulante

Las válvulas de control modulante serán de accionamiento neumático. Aquellas posicionadas por una señal electrónica serán suministradas con un transductor/posicionador electroneumático resistente a la vibración con filtro regulador y manómetro completamente conectado y montado en la válvula de control.

Deberán ser de una sola marca, procurando estandarizar los tamaños, en función del Cv calculado.

Las válvulas serán especificadas del tipo falla segura, para eventos de falla en señal electrónica y de fluido de potencia. La posición de falla será definida en los DTIs.

El tamaño seleccionado de válvula será tal que ésta pueda operar entre 40% - 80% de la apertura de la válvula que corresponde al flujo mínimo y máximo especificado. Cuando el flujo máximo de operación no esté disponible, el tamaño de la válvula se basará en la caída de presión especificada al 150% de las condiciones de flujo de diseño de proceso normales.

Las válvulas de control serán generalmente especificadas con asiento hermético Clase IV por ANSI/FCI 70-2. Para mayor clase de asiento hermético se basará en los requerimientos de proceso Clase VI.

El actuador de la válvula será dimensionado de tal forma que la válvula pueda operar correctamente cuando la presión aguas arriba sea 10% por encima de la máxima, y aguas abajo, la presión sea igual a la presión atmosférica o a la mínima de proceso (la que sea menor).

La válvula de control se especificará con característica igual porcentaje, a menos que otra cosa sea requerida por las condiciones del proceso.

Los diferentes accesorios (actuador, electro posicionador, válvula solenoide, entre otros.) de las válvulas de control deberán ser adquiridos e instalados como parte integral de la válvula y probados en fábrica en conjunto, garantizando que trabajen como una unidad integral.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Para la instalación de válvulas de control, s deberá tener el espacio suficiente para un fácil mantenimiento y ser accesibles al personal desde piso o plataforma.

La tubería para fluido de potencia entre el actuador y el posicionador será 3/8” o 1/2” OD x 0.049” de espesor de pared, en acero inoxidable 316 con racores Swagelok de doble férula de acero inoxidable 316.

Las válvulas de bloqueo para válvulas de control deberán ser de un tamaño mayor que el de la de control, pero no más grandes que el tamaño de la tubería. Si se requieren reductores, se localizarán tubería arriba y abajo de la válvula de control.

La válvula de by-pass de válvula de control tendrá al menos una capacidad igual al Cv calculado o requerido de la válvula de control. El proveedor de estas válvulas deberá entregar las memorias de cálculo del dimensionamiento de cada válvula con software de cálculo de reconocido uso, prestigio, actualizado y probado dentro del ámbito de ingeniería, no se aceptan cálculos a mano o en Excel® que sustituya el software requerido.

Se deberá incluir un transmisor de posición para la válvula. Los internos de las válvulas deberán cumplir con la especificación de la tubería. El empaque del vástago y bonete se seleccionarán en base a la temperatura del servicio y/o los requerimientos de emisiones de fuga.

El asbesto es un material no permitido. El nivel del ruido en todas las válvulas de control cumplirá con lo especificado por la NOM-011-STPS-2001 “Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se genere ruido”, 85 dBA durante 8 hr de servicio continuo y 95 dBA de servicio intermitente a una distancia 1 m (3 ft) de la válvula.

El proveedor deberá entregar como mínimo los siguientes certificados e informes basados en los protocolos para las pruebas de aceptación.

- Certificado de calibración con la firma del banco de válvulas de control.
- Informe de configuración.
- Pruebas de funcionamiento conjunto válvula-actuador.
- Pruebas hidrostáticas.
- Fuga del asiento.

La válvula de control deberá tener integrado en su cuerpo la dirección del flujo, no se acepta que éste sea rotulado. Las válvulas deben tener integrado en el cuerpo una placa de identificación de acero inoxidable (no se admite que la placa se pegue con adhesivos), con la siguiente información:

- a. Identificación (TAG) y servicio.
- b. Nombre del fabricante y modelo.
- c. Material de los internos.
- d. Rango de operación.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

e. Tamaño del cuerpo y puerto.

A.2.1.4. Válvulas de corte XV y HV.

Las válvulas de corte XV y HV deben ser del tamaño de la tubería, y las dimensiones cara a cara de acuerdo con ANSI Standard B16.10. El cuerpo de las válvulas será tipo bola paso completo o de acuerdo con lo indicado en DTIs. Los materiales de cuerpo e internos y rating serán de acuerdo con lo indicado en las especificaciones de tubería y de proceso.

Las válvulas deben ser cero fugas y a prueba de fuego. Los actuadores para las válvulas de corte XV y HV (de diámetro igual o mayor a 24”) serán motorizados (MOV). La velocidad de apertura y cierre debe estar calculada para evitar fenómenos de cavitación y golpe de ariete.

Los actuadores eléctricos de las válvulas de corte deben ser conectados por señales duras al SCP para envío de comandos de apertura y cierre y la posición de abierta o cerrada de acuerdo con los interruptores de posición. Adicionalmente deberán contar con puerto de comunicación serial RS- 485 Modbus RTU en caso de requerir señales de diagnóstico en el SCP. Se alimentarán a 480 VCA, proveniente del CCM de la estación.

El actuador debe incorporar controles locales para la operación de apertura, cierre y paro; y un interruptor selector de modo local/fuera/remoto. La selección de modo debe poder bloquearse en cualquiera de las siguientes tres posiciones: control local más paro local solamente, fuera (sin operación eléctrica), control remoto más paro local solamente.

Debe ser posible seleccionar control local mantenido o no mantenido. Los controles locales se dispondrán de modo que la dirección del recorrido de la válvula pueda invertirse sin necesidad de detener el actuador.

Los controles locales y la pantalla deben rotar en incrementos de 90 grados para adaptarse a la orientación de la válvula y el actuador. El motor debe estar colocado o montado en el mismo gabinete que trae integralmente el actuador de la válvula o como parte de ella, (no debe ser por separado).

Se debe proporcionar protección para el motor y deberá ser integral al actuador, debe proporcionarse de la siguiente manera:

- Bloqueo – el motor debe desactivarse dentro de los 8 segundos en caso de bloqueo al intentar quitar el asiento de una válvula atascada.
- Sobre temperatura – el termóstato provocará la desconexión del motor. Reinicio automático en refrigeración.
- Monofásico – protección bajo la pérdida de una fase.
- Dirección – corrección de la rotación de fase.

La válvula de corte deberá tener integrado en el cuerpo una placa de identificación de acero inoxidable (no se admite que la placa se pegue con adhesivos), con la siguiente información:

a. Identificación (TAG) y servicio.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- b. Nombre del fabricante y modelo.
- c. Material de los internos.
- d. Rango de operación.
- e. Tamaño del cuerpo y puerto.

A.2.1.5. Válvulas de Seccionamiento MLV.

Las válvulas MLV son de tipo bola montada sobre muñón, con conexión a la Tubería Principal soldada (caso de tubería enterrada) o conexiones bridadas (caso de tubería aérea), de acuerdo con lo indicado en la especificación de tuberías; con Actuador tipo Electrohidráulico con condición de falla segura a última posición (FL), debe contar con un kit de aislamiento para la válvula.

Se deben considerar transmisores de presión y temperatura en las válvulas MLV para monitoreo de las variables en el ducto.

El cuerpo de la válvula debe ser integral soldado, los materiales de construcción y los materiales del asiento deben ser a prueba de fuego en cumplimiento con la norma API 6FA.

El actuador electrohidráulico será de tipo pistón de doble efecto con condición de falla segura a la última posición (FL). El accionamiento es a través de un sistema hidráulico integral como fluido de potencia. Los actuadores electrohidráulicos (motor) deberán ser alimentados a 24 VCA en estaciones donde sea limitada la alimentación eléctrica mientras se cumpla el torque necesario. Se deberá suministrar un tanque de almacenamiento para el fluido hidráulico con indicador local de nivel e interruptor de bajo nivel. El fluido será recomendado por el fabricante. Las válvulas tendrán una Bomba Hidráulica para accionamiento manual de emergencia.

Las MLV operan con arreglos de tres válvulas solenoides de 3 vías 2 posiciones con alimentación eléctrica de 24 VCD; donde 2 válvulas son para operación normal teniendo la primera la función de Abrir y la segunda la función de Cerrar. La tercera válvula tiene la función de cierre por acción electrónica del Sistema de Emergencia de la propia válvula.

Debe contar con Interruptores de posición Abierto/Cerrado tipo DPDT de 24VCD. Debe tener un sistema de operación local/fuera/remoto. Todos los componentes eléctricos de la válvula deben ser a prueba de explosión, con certificado FM, CSA o similar.

La válvula contará con un sistema automático de protección para el cierre de la válvula MLV en caso de una caída súbita de presión (line break) en el ducto en un lapso; esta detección se realizará a través del Transmisor de Presión dedicado para esta función, el cual enviará una señal al Controlador de la MLV para energizar la válvula solenoide del Sistema de Emergencia de la MLV (módulo ESD) y llevarla a su posición Cerrada.

Se tendrá una protección de capa física a través de dos válvulas piloto una por alta presión y otra por baja presión de set-point ajustable (PSHV y PSLV), las cuales actuarán inmediatamente y llevarán a la MLV a su posición Cerrada. Adicionalmente se protegerá al actuador con un limitador de par de giro.

La válvula contará con un dispositivo para la prueba de cierre parcial local y remoto desde el SCADA.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Ante falla de energía eléctrica, la MLV deberá mantenerse en su última posición FL, deberá contar con un sistema de tierra electrónica y física, así como contar con sistema de protección catódica.

Las válvulas contarán con un tanque acumulador de respaldo de aceite, que estará diseñado para tres carreras (apertura–cierre). El tanque será estampado ASME, y su nivel se monitoreará por medio de un transmisor de presión hidrostática o de nivel.

Para el caso de las MLV's su sistema de control principal son Unidades terminales Remotas RTUs de bajo consumo, para envío de señales al SCADA, ya sea mediante radio comunicación y modem celular o satelital.

La válvula de seccionamiento MLV deberá tener integrado en el cuerpo una placa de identificación de acero inoxidable (no se admite que la placa se pegue con adhesivos), con la siguiente información:

- a. Identificación (TAG) y servicio.
- b. Nombre del fabricante y modelo.
- c. Material de los internos.
- d. Rango de operación.
- e. Tamaño del cuerpo y puerto.

A.2.1.6. Válvulas Manuales con Interruptores de Posición.

Las válvulas manuales identificadas como “HV” de diámetro menor a 24” deberán cumplir con los siguientes requisitos: Las válvulas deben ser bridadas y deben cumplir con los requerimientos del ASME B16.5 y ASME B16.47 Serie A. Las bridas deben ser integrales al cuerpo.

Los materiales de cuerpo e internos y rating serán de acuerdo con lo indicado en la especificación de tuberías donde se instalarán.

La válvula de bola deberá tener el sello hermético según la norma ISO 14313 (API-6D), debe ser a prueba de fuego según la norma API-6FA. Las condiciones de diseño de proceso dictan el material del cuerpo de las válvulas, así como la clasificación ANSI.

Las válvulas manuales deberán contar con interruptores de posición ZSC/ZSO, estos dispositivos son electromecánicos y cuentan con contactos del tipo Doble Polo Doble Tiro (DPDT), los instrumentos deberán instalarse sobre el operador de engranes de las válvulas, para censar la carrera de la válvula en los puntos de apertura y cierre.

Las válvulas manuales identificadas como “HV” deben tener una placa de identificación de acero inoxidable permanentemente asegurada al cuerpo de la válvula (no se aceptan uniones con adhesivo) que incluya la siguiente información:

- a. Identificación (TAG) y servicio.
- b. Marca, modelo y número de serie.
- c. Nombre del fabricante y modelo.

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- d. Fecha de fabricación.
- e. Tamaño del cuerpo y puerto.

A.2.1.7. Válvulas de Alivio de Presión.

Las válvulas de alivio de seguridad deben ser del tipo operadas por resorte. Las válvulas de relevo operadas por piloto deben ser auto operadas y la válvula principal debe abrir automáticamente a la presión de ajuste y debe descargar su capacidad total si el piloto falla.

Las válvulas suministradas bajo esta especificación deberán ser productos estándar en los catálogos del fabricante, ser adecuados para trabajo pesado para aplicaciones industriales y deberán suministrarse totalmente ensamblados probados, calibrados e identificados.

Las bases de selección de las válvulas de seguridad en general deberán estar de acuerdo con los requisitos del API RP-526/527 o con el código ASME sección I y VIII según aplique. El software que se utilizará para el cálculo de las válvulas de seguridad será el propio del fabricante. Las válvulas deberán especificarse con boquillas de acero o de aleaciones de acero, de acuerdo con las condiciones de operación.

El porcentaje de acumulación empleado en el cálculo de tamaños de los dispositivos de alivio de presión será el siguiente:

- 3% Para servicios de vapor donde aplica el código ASME para calderas de potencia.
- 10% Para servicios de Gases, y Líquidos
- 25% Para servicios de alivio térmico de líneas con líquido y descarga de bombas.

Prueba de corrosión de acuerdo con UL 525 Punto 14. Los materiales de construcción serán como mínimo cuerpo de acero al carbón con internos de acero inoxidable, a menos que se indique otro material en las hojas de datos.

Materiales de empaques: Los empaques son tipo cinta de Acero Inoxidable 304, Enrollada en espiral sobre Grafito puro flexible, en cada aplicación debe corresponder: el tamaño, la Clase ANSI y el tipo de cara de las bridas la utilizada en este proyecto es la R.F. (Cara alzada). No se acepta el uso de asbesto

Todas las válvulas de seguridad deberán ser marcadas y certificadas de acuerdo con el código ASME para calderas y recipientes a presión.

Las válvulas de relevo de presión de $\frac{3}{4}$ " x 1" para servicios de expansión térmica, deberán ser de conexión bridada estándar del fabricante, con régimen y tipo de caras de acuerdo con las especificaciones de tuberías aplicable al proyecto

Las válvulas de seguridad y relevo del tipo boquilla completa deberán de especificarse para tamaños de 1" y mayores.

Las válvulas de relevo de presión del tipo boquilla modificada deberán de especificarse para servicios de expansión térmica, el tamaño deberá ser de $\frac{3}{4}$ "x1" para todos los líquidos

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Las válvulas de alivio de presión se deben marcar por el fabricante, de acuerdo con lo establecido en la norma API 528 “API standard for safety relief valve nameplate nomenclature”. El estampado en las válvulas de seguridad deberá ser suministrado de acuerdo con el código ASME, sección VIII, Div. I en la parte UG-126 a UG-136 y certificado de cumplimiento con lo establecido en la norma API ya mencionadas.

Las válvulas de alivio de presión y vacío que se suministren se deben marcar con todos los datos indicados a continuación, se deben estampar, grabar en la válvula o en una placa de acero inoxidable tipo 304 bien sujeta a la válvula de manera permanente y no removible, en lugar visible para el operador (no se acepta el uso de adhesivos):

- a. Identificación (TAG) y servicio.
- b. Número o tipo de diseño del fabricante.
- c. Diámetro de la tubería a la entrada del dispositivo en mm (in).
- d. La presión y vacío de ajuste.
- e. Capacidad de aire a la presión o vacío de relevo.
- f. Fecha de ajuste de la presión.
- g. Identificación de la válvula.

A.2.1.8. Válvulas Reguladoras.

La válvula deberá tener integrado a su cuerpo la dirección del flujo, no se acepta que éste sea rotulado. El nivel de ruido no deberá exceder de 85 dBA a flujo normal a una distancia de un metro de la válvula.

El proveedor deberá suministrar certificados de materiales y calidad conforme a lo indicado en las hojas de datos.

Las válvulas que sean bridadas deberán estar de acuerdo con ASME B16.34 para el tipo de cara y régimen.

Las dimensiones de cara a cara deberán cumplir con ASME B16.10. Las partes húmedas deberán ser adecuadas para el fluido de proceso.

Las válvulas reguladoras deberán tener integrado en el cuerpo una placa de identificación de acero inoxidable (no se admite que la placa se pegue con adhesivos), con la siguiente información:

- a. Identificación (TAG) y servicio.
- b. Nombre del fabricante y modelo.
- c. Material de los internos.
- d. Rango de operación.
- e. Punto de ajuste (Set-point).

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

f. Tamaño del cuerpo y puerto.

A.3.- Sistema de Control de Proceso (SCP)

El equipo asociado al Sistema de Control de Proceso (SCP) contará con lo siguiente:

- Controlador o procesador con redundancia para el SCP.
- Módulos de comunicación de Ethernet con redundancia.
- Comunicación HART y módulos de diagnóstico.
- Fuente(s) de poder redundante con salida a 24 VCD para el sistema (procesador, E/S, módulos de comunicación, etc.).
- Fuente(s) de poder redundante a 24 VCD para instrumentación de campo.
- Módulos de E/S (Considerar capacidad adicional de 30% en E/S y 30% en espacio para módulos a futuro).
- Estaciones de operación.
- Estación de Ingeniería compartida con SPE y SDGF
- Laptop para labores de configuración y mantenimiento.
- Impresora de alarmas

El SCP estará integrado por los siguientes tipos de módulos de entrada/salida, organizados para distinguir claramente los módulos, cables y accesorios para cada tipo de señal:

- Analógica
- Discreta
- Cables de alimentación
- Señales de pulsos (si son requeridas)
- Señales de RTD (si son requeridas)

Las señales discretas y analógicas no estarán mezcladas en el mismo módulo. No hay mezcla de señales discretas de canales a diferentes niveles de voltaje en el mismo módulo E/S.

El sistema de módulos de E/S integrarán todas las señales de campo y tendrán un 30% de reserva para futuras expansiones, también se considerará un espacio de 30% adicional en gabinete.

El SCP estará conectado por comunicación con los siguientes sistemas:

- Equipo paquete de compresores y secadoras de aire
- Generadores

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- UPS Principal y Respaldo
- Tablero de baja tensión principal y CCM's
- Paquete hidroneumático
- Paquetes de acondicionamiento de gas
- SPE
- SDGF
- Sistemas de control de turbo compresores PLC-TC
- SCADA

El SCP desarrollará las funciones de control y supervisión de toda la instrumentación de campo y equipos paquete involucrados con el sistema a excepción de los equipos e instrumentos asociados al turbocompresor, así mismo deberá proporcionar al operador todas las disposiciones que permitan un funcionamiento completamente continuo y fácil de todas las instalaciones de la estación de compresión.

A.4.- Sistema de Paro de Emergencia (SPE)

Las Señales utilizadas para el Sistema de Paro de Emergencia (SPE) serán cableadas directamente, al igual que las señales de interface de paro entre el SPE y las unidades de control.

El sistema de fuego y gas (SDGF) estará comunicado en red con el SPE.

Se contará con un botón SPE en el tablero principal de control SPE en el cuarto de control por unidad.

El SPE ejecutará en cada unidad un cierre presurizado de paro rápido. La presencia de fuego o la alta concentración de gas en el recinto de la turbina deberán ocasionar un paro del SPE en sitio.

La instrumentación, así como el sistema de paro por emergencia cumplirá como mínimo con SIL-2, este requerimiento de SIL será validado y ratificado mediante un estudio Hazop que se efectuará durante la etapa de Ingeniería de Detalle. Todo el funcionamiento I/O del SPE deberá estar de acuerdo con lo que se establezca en la Matriz de Causa y Efecto.

A.5.- Sistema de Detección de Gas y Fuego (SDGF)

El sistema de detección de gas y fuego (SDGF) tendrá como función principal detectar oportunamente un conato de incendio o fuga de gases/vapores inflamables o tóxicos para alertar al personal y ejecutar las funciones de seguridad necesarias para protección del personal, de la instalación y del medio ambiente, buscando minimizar los daños materiales, daños al medio ambiente y pérdidas económicas.

La selección del tipo de tecnología de detección está basada en la identificación de riesgos y diseñada en apego a los requerimientos de la norma NFPA 72, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Características de combustión.
- La tasa de crecimiento del incendio.
- Los riesgos de fuegos y de explosiones.
- La naturaleza y las propiedades de las sustancias que se almacenan, procesan o manejan.
- Las condiciones ambientales.
- Las cantidades de los materiales inflamables y combustibles.

El SDGF estará alojado en el Cuarto de Gabinetes de la Instalación; así mismo, deberá ser enlazado al SPE de acuerdo con la Matriz Causa Efecto.

El Sistema de detección de gas y fuego se basa en un controlador lógico programable de arquitectura modular para las operaciones de supervisión y control de toda la instrumentación de campo, así como de los servicios auxiliares requeridos.

El SDGF está diseñado, construido y mantenido de forma que se eviten interrupciones no programadas, brindando una disponibilidad de 99.99 % (SIL 2), como mínimo. El requerimiento SIL deberá ser confirmado por el análisis de riesgo desarrollado durante la Ingeniería de Detalle.

A través de su lógica, el SDGF realizará las acciones oportunas de forma segura y confiable para la activación de las válvulas automáticas de los sistemas de aspersion de espuma, alarmas audibles y alarmas visibles, previniendo al personal de las situaciones detectadas de peligro.

A.6.- Sistema Contra Incendio

De conformidad con la norma oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, las áreas clasificadas con riesgo de incendio ordinario contarán con equipos contra incendio, y en las áreas clasificadas con riesgo de incendio alto, contarán con sistemas fijos de protección contra incendio para atender cualquier contingencia de la emergencia de incendio. Estos equipos y sistemas serán apropiados para la clase de fuego que pueda presentarse.

De conformidad con la norma oficial Mexicana NOM-007-ASEA-2016, las válvulas de corte “ESDV” de las estaciones de compresión actuarán al cierre automáticamente en presencia de fuego y estarán protegidas contra incendio, ya sea mediante aislante térmico o pintura intumescente y contarán con un sistema de enfriamiento tipo diluvio a base de espuma.

Los requerimientos de protección contra incendio deberán afinarse en la ingeniería de detalle con los resultados del Análisis de riegos y del Análisis de consecuencias.

Las consecuencias se evaluarán cuantitativamente para cada escenario identificado con materiales o mezcla peligrosa que se maneje en la instalación, para simular el peor caso, el caso más probable y casos alternos de aquellos riesgos identificados con un nivel de riesgo no tolerable y aquellos ubicados en la región ALARP (As Low As Reasonably Practicable - Tan bajo como sea Razonablemente Práctico).

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Como resultado de las simulaciones de derrames y fugas de sustancias peligrosas, se afinarán las medidas de prevención, control y mitigación de los riesgos.

Los equipos paquete de las estaciones de compresión, tales como las Turbinas de los Compresores, los Turbogeneradores Eléctricos y Generadores Eléctricos a Diesel, serán protegidos con sistemas de supresión de incendio a base de CO₂, diseñados en apego a los requerimientos de la NFPA 12 en su última edición. Estos sistemas de protección serán monitoreados desde el SDGF.

El Cuarto de Control, Cuarto de Gabinetes y Cuarto Eléctrico de las estaciones de compresión contarán con un sistema de supresión de incendio por inundación total a base de agente limpio FK-5-1-12 (NOVEC), diseñado en apego a los requerimientos de la NFPA 2001. Este sistema de protección será monitoreado desde el SDGF.

Todas las áreas del proyecto estarán protegidas con extintores contra incendio. Para la clasificación de riesgo ordinario:

- Al menos un extintor portátil por cada 300 m² de superficie
- Para fuego clase "A & C" la distancia de viaje para alcanzar un extintor no excederá 23 m considerando un camino natural de viaje.
- Para fuego clase "B" la distancia de viaje para alcanzar un extintor no excederá 15 m considerando un camino natural de recorrido.

Para la clasificación de riesgo alto:

- Al menos un extintor portátil por cada 200 m² de superficie
- Para fuego clase "A & C" la distancia de viaje para alcanzar un extintor no excederá 23 m considerando un camino natural de viaje.

Para fuego clase "B" la distancia de viaje para alcanzar un extintor no excederá 10 m considerando un camino natural de recorrido. Para los extintores con ruedas la distancia puede incrementarse hasta 15 m.

Para la ubicación y selección de los extintores, también se seguirán los lineamientos de NFPA 10 última edición.

B.- Recomendaciones técnico - operativos

A continuación, se presentan las recomendaciones técnico – operativas.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 116. Recomendaciones de la identificación de Peligros y Evaluación de Riesgos

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
1	Mantener actualizado y vigente el PPA, en particular: - Procedimiento Especifico para la Comunicación de Riesgos. - Procedimiento Especifico para la Respuesta a Emergencias interno y externo - Programa de Simulacros - Plan de ayuda mutua en caso de poder desarrollarlo con otras empresas donde existen cruces de otros gasoductos (Tarahumara y Samalayuca - Sásabe).	Hazid	XIV.3. Procedimientos para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales.	1.1.2	Falta de información a la población de las actividades STGN , creando bloqueos a las instalaciones.	Área de operaciones de TGSM S. de R.L. de C.V.	D
2	Cumplir con las recomendaciones establecidos en la EVI's autorizada.	Hazid	XIV.3. Procedimiento para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales				
3	Establecer un Plan de Gestion Social, asociado a la autorización de la EVI's.	Hazid	XIV.3. Procedimiento para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales	1.1.4	Bloqueo a las instalaciones por demandas sociales o de seguridad por parte de las ONG de la defensa de los derechos humanos de las poblaciones en los municipios de la trayectoria del gasoducto.	Área administrativa deTGSM , S de R.L. de C.V.	C
4	Valorar la posibilidad de contratar los servicios de un asesor de seguridad para estrategias y acciones para salvaguardar la integridad física de las personas operativas y contratistas de las instalaciones STGN .	Hazid	XII. Procedimiento para la seguridad de contratistas.	1.1.5	Delincuencia organizada que afecte al personal operativo y contratistas.	Área administrativa deTGSM , S de R.L. de C.V.	C
5	Asegurar la capacitación del personal para el combate de los diferentes tipos de incendio dentro y fuera de la instalación.	Hazid	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento	2.2.1	Incendio entorno al DDV del gasoducto o fuera del polígono de las instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRyC).	Área de operaciones de TGSM TSM, S de R.L. de C.V.	C

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
6	Mantenimiento de inventarios suficientes de equipos de protección personal y combate a incendios.	Hazid	XIV.1. Procedimientos de monitoreo de aspectos ambientales y riesgos				
7	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del generador de emergencia.	Hazid	XIV.2. Procedimientos para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos.	2.2	Inundación de las instalaciones con afectación a los equipos en las instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRyC). Falla en el suministro de energía eléctrica.	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	D
8	Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (CS1-CS4, MLV's y EMRyC) previo a la temporada de lluvias.						
9	Obtener el dictamen de la Unidad de Verificación de conformidad a integridad mecánica del ducto o segmento de conformidad a la NOM-009-ASEA-2017 .	Hazid	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de la calidad.	2.7	Posibles fracturas en la estructura del gasoducto 48" y las instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRyC).	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C
10	Contratar el Estudio de Pérdida Máxima Probable con un tercer acreditado por parte de la ASEA para la determinación del monto del Seguro de RC y daños al ambiente.	Hazid	XIV.3. Procedimiento para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales	4.1	Afectación a las vías generales de comunicación por un evento no deseado de fuga de GN con posibilidad de incendio y explosión.	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C
11	Considerar e incluir en el ARSH desarrollado para la etapa de operación el análisis del efecto domino para modelar los posibles efectos y radios de afectación con los gasoductos de Tarahumara y Samalayuca -Sásabe.	Hazid	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos.	6.1	Afectación de los gasoductos existentes Tarahumara o Samalayuca - Sásabe por eventos no deseados de fuga con posibilidad de incendio o explosión.	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	C
12	Evaluar la efectividad de la barrera física perimetral existente para salvaguardar la integridad física de la instalación.	Hazid	II. Procedimiento para la identificación de peligros y de aspectos ambientales y para la evaluación de riesgos e impactos ambientales.	7.1	Sabotaje o terrorismo	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	B
13	Evaluar la protección de las instalaciones por empresas de seguridad privada o pública						

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
14	Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio.	Hazid	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.	8.6	Riesgo eléctrico	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C
15	Realizar análisis de riesgo en trabajos especiales de inspección y mantenimiento en el gasoducto de 48" e instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRYC).	Hazid	II. Procedimiento para la identificación de peligros y de aspectos ambientales y para la evaluación de riesgos e impactos ambientales.	9.1	Operación inadecuada con fuga de GN con posibilidad de incendio o explosión	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	C
1	Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor	1 (Hazop)	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.	1.1	Sin suministro de GN en al Sistema de Transporte Frontera – Puerto Libertad.	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	D
2	Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia.	1 (Hazop)	XIV.3. Procedimientos para la evaluación del cumplimiento de requisitos legales.	4.1	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad.	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	C
3	Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos.	1 (Hazop)	XIV.2. Procedimiento para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos.	7.1	Descontrol operacional en estación de compresión CS1, CS2, CS3 o CS4.	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	D
4	Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento.	1 (Hazop)	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.	8.1	Fuga de gas natural en válvulas, bridas y tuberías con riesgo de incendio o explosión	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	D

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Recomendación	Nodo	Elemento del SASISOPA asociado a la recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo
				No.	Descripción		
5	Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio.	1 (Hazop)	XI. Procedimiento para la integridad mecánica y aseguramiento de calidad.	11.1	Trabajos deficientes de soldadura que originan ruptura parcial o total de ducto de 48" en algunos de los segmentos del sistema de transporte	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	C
6	Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual.	1 (Hazop)	VI. Competencia, capacitación y entrenamiento	12.1	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna de las instalaciones superficiales EMRYC o CS por un operador.	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C
7	Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria	1 (Hazop)	XIV.1. Procedimiento de monitoreo de aspectos ambientales y riesgos	15.1	Contagios COVID u otro tipo de pandemias que puedan ocurrir en el futuro.	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C
8	Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo	1 (Hazop)	XIII. Procedimiento de preparación y respuesta a emergencias.	19.1	Incendio en los alrededores.	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	D
9	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del generador de emergencia	1 (Hazop)	XIV.2. Procedimientos para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos.	21.1.	Pérdida de energía eléctrica por falta de suministro del proveedor del servicio, falla de equipo eléctrico, condiciones climáticas adversas o vandalismo.	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	D
10	Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (CS1-CS4, MLV's y EMRYC) previo a la temporada de lluvias.	1 (Hazop)	XIV.2. Procedimientos para la calibración, verificación y mantenimiento de equipos.	22.1	Inundaciones por fuertes lluvias		D

Fuente: Elaboración propia con base en los lineamientos de la Guía ARSH y los resultados de las metodologías de riesgo.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Tabla 117. Programa de seguimiento e implementación a las recomendaciones

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
Recomendaciones HAZID						
1	Mantener actualizado y vigente el PPA, en particular: - Procedimiento Especifico para la Comunicación de Riesgos. - Procedimiento Específico para la Respuesta a Emergencias interno y externo - Programa de Simulacros - Plan de ayuda mutua en caso de poder desarrollarlo con otras empresas donde existen cruces de otros gasoductos (Tarahumara y Samalayuca - Sásabe).	1.1.2 (Hazid)	Falta de información a la población de las actividades STGN , creando bloqueos a las instalaciones	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	D	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
2	Cumplir con las recomendaciones establecidos en la EVI's autorizada.					Se realizará una vez que, haya sido autorizada la EVI's por parte de la SENER (2024).
3	Establecer un Plan de Gestion Social, asociado a la autorización de la EVI's.	1.1.4 (Hazid)	Bloqueo a las instalaciones por demandas sociales o de seguridad por parte de las ONG de la defensa de los derechos humanos de las poblaciones en los municipios de la trayectoria del gasoducto.	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C	Se realizará alineado y a lo establecido en la autorización de la EVI's por parte de la SENER (2024).
4	Valorar la posibilidad de contratar los servicios de un asesor de seguridad para estrategias y acciones para salvaguardar la integridad física de las personas operativas y contratistas de las instalaciones STGN .	1.1.5 (Hazid)	Delincuencia organizada que afecte al personal operativo y contratistas.	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
5	Asegurar la capacitación del personal para el combate de los diferentes tipos de incendio dentro y fuera de la instalación.	2.2.1 (Hazid)	Incendio entorno al DDV del gasoducto o fuera del polígono de las instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRYC).	Área de operaciones de	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
6	Mantenimiento de inventarios suficientes de equipos de protección personal y combate a incendios.			TGSM, S de R.L. de C.V.		
7	Programa de mantenimiento preventivo y correctivo del generador de emergencia.	2.2 (Hazid)	Inundación de las instalaciones con afectación a los equipos en las instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRYC).	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	D	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
8	Programa de mantenimiento y desazolve del sistema de drenaje de la instalación (CS1-CS4, MLV's y EMRYC) previo a la temporada de lluvias.	22.1 (Hazop)	Falla en el suministro de energía eléctrica.			
9	Obtener el dictamen de la Unidad de Verificación de conformidad a integridad mecánica del ducto o segmento de conformidad a la NOM-009-ASEA-2017 .	2.7 (Hazid)	Posibles fracturas en la estructura del gasoducto 48" y las instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRYC).	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
10	Contratar el Estudio de Pérdida Máxima Probable con un tercer acreditado por parte de la ASEA para la determinación del monto del Seguro de RC y daños al ambiente.	4.1 (Hazid)	Afectación a las vías generales de comunicación por un evento no deseado de fuga de GN con posibilidad de incendio y explosión.	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
11	Considerar e incluir en el ARSH desarrollado para la etapa de operación el análisis del efecto domino para modelar los posibles efectos y radios de afectación con los gasoductos de Tarahumara y Samalayuca -Sásabe.	6.1 (Hazid)	Afectación de los gasoductos existentes Tarahumara o Samalayuca - Sásabe por eventos no deseados de fuga con posibilidad de incendio o explosión.	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
12	Evaluar la efectividad de la barrera física perimetral existente para salvaguardar la integridad física de la instalación.	7.1 (Hazid)	Sabotaje o terrorismo	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	B	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
13	Evaluar la protección de las instalaciones por empresas de seguridad privada o pública					
14	Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal	8.6	Riesgo eléctrico	Área administrativa de	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
	especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio.	(Hazid) (Hazid)		TGSM, S de R.L. de C.V.		
15	Realizar análisis de riesgo en trabajos especiales de inspección y mantenimiento en el gasoducto de 48” e instalaciones superficiales (CS1-CS4, MLV's y EMRyC).	9.1 (Hazid)	Operación inadecuada con fuga de GN con posibilidad de incendio o explosión	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
Recomendaciones HAZOP						
1	Continuar con el programa de suministro diario de gas natural con cada proveedor	1.1 (Hazop)	Sin suministro de GN en al Sistema de Transporte Frontera – Puerto Libertad.	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	D	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
2	Mantener actualizado el Programa de Respuesta a Emergencias (PRE) y que se incluyan las distancias de afectación (zonas de alto riesgo y amortiguamiento) para salvaguardar la integridad del personal, el medio ambiente y las instalaciones ante una emergencia.	4.1 (Hazop)	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad.	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
3	Aplicar de manera continua y periódica el programa de mantenimiento preventivo para alargar la vida de las instalaciones y prevenir la suspensión de las actividades por fallas o imprevistos.	7.1 (Hazop)	Descontrol operacional en estación de compresión CS1, CS2, CS3 o CS4.	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	D	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
4	Asegurar la disponibilidad de recursos humanos y materiales para dar cumplimiento al programa anual de mantenimiento.	8.1 (Hazop)	Fuga de gas natural en válvulas, bridas y tuberías con riesgo de incendio o explosión	Área de operaciones de TGSM, S de R.L. de C.V.	D	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
5	Los trabajos de mantenimiento y sustitución de materiales deben ser realizados por personal	11.1 (Hazop)	Trabajos deficientes de soldadura que originan ruptura parcial o total de ducto de 48” en algunos de los segmentos del sistema de transporte	Área de operaciones de	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

No.	Recomendación	Escenario de Riesgo		Responsable	Nivel de Riesgo	Fecha o período para su implementación
		No.	Descripción			
	especialista en esa área para asegurar las condiciones seguras del sitio.			TGSM, S de R.L. de C.V.		
6	Mantener de manera continua la capacitación al personal operativo de nuevo ingreso y eventual.	12.1	Golpe a ducto superficial en su llegada a alguna de las instalaciones superficiales EMRyC o CS por un operador.	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
7	Seguimiento y control del Programa de vigilancia sanitaria	15.1	Contagios COVID u otro tipo de pandemias que puedan ocurrir en el futuro.	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	C	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.
8	Capacitar al personal para la atención de emergencias nivel externo	19.1	Incendio en los alrededores.	Área administrativa de TGSM, S de R.L. de C.V.	D	Se realizará en la etapa operativa (2029) después del inicio de operaciones.

ESTUDIO DE RIESGO **PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

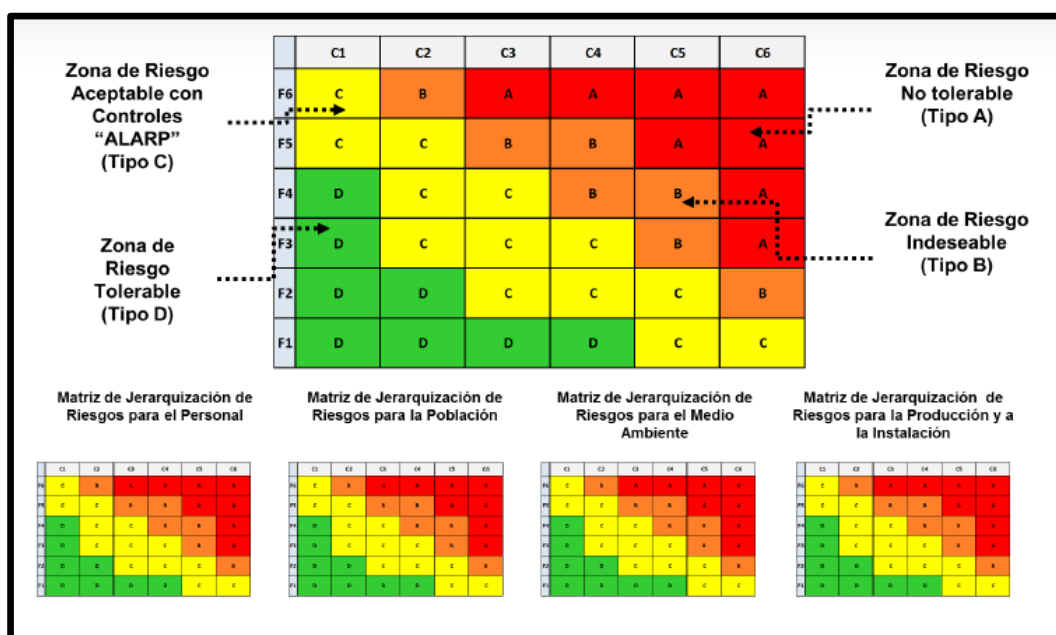
VIII. CONCLUSIONES

Para el análisis preliminar de peligros se utilizó la metodología denominada **Hazid (Hazard Identification)** para la identificación de peligros de tipo externos y ambientales, a la instalación, a la salud y problemas de implementación del proyecto.

El riesgo es una combinación de la frecuencia por las consecuencias. La combinación de frecuencia y consecuencias genera una matriz de riesgos, en donde se indica el riesgo potencial del evento en cuestión, en función del receptor del peligro o daño (al personal, a la población, al ambiente, a la producción o a la instalación)

Para determinar el índice de riesgo analizado se utilizan las calificaciones asignadas al índice de frecuencia y a la consecuencia utilizando la figura siguiente del rango del índice de riesgo.

Matriz de jerarquización de riesgo



De acuerdo con el grado de riesgo resultante de la aplicación de las matrices se decide si el riesgo estimado se encuentran en la región de Riesgo No Tolerable, Riesgo Indeseable, Riesgo Aceptable con Controles y la Región de Riesgo Tolerable con la cual se asignará la prioridad de las acciones recomendadas.

Los riesgos se clasifican como:

- **Región de Riesgo No Tolerable (Tipo A):** El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas temporales y permanentes. Un riesgo Tipo “A” representa una situación de riesgo no tolerable y deben establecerse Controles Temporales Inmediatos si se requiere continuar operando. Se debe realizar una administración de riesgos temporal y permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos hasta reducirlo a **Tipo “C”**.
- **Riesgo Indeseable (Tipo “B”):** El riesgo requiere se implementen acciones inmediatas

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

permanentes. Un riesgo Tipo “B” representa una situación de riesgo indeseable y deben establecerse Controles Permanentes Inmediatos. Se debe realizar una administración de riesgos permanente por medio de controles de ingeniería y/o factores humanos permanentes hasta reducirlo a Tipo “C” y en el mejor de los casos, hasta riesgo **Tipo “D”**.

- **Región Aceptable con Controles (Tipo C): El riesgo es significativo, pero se puede gestionar con controles administrativos.** Un riesgo Tipo “C” representa una situación de riesgo Aceptable siempre y cuando se establezcan Controles Permanentes. Las acciones correctivas y preventivas permanentes que se definan para atender estos hallazgos, deben darse en un plazo no mayor a 180 días. La administración de un riesgo Tipo “C” debe enfocarse en la Disciplina Operativa y en la Confiabilidad de las diferentes Capas de Seguridad y/o Sistemas de Protección. La prioridad de una atención para reducirlos a riesgos tipo “D”, debe estar en función de un Análisis Costo Beneficio de las acciones correctivas y preventivas establecidas para dar atención a las recomendaciones emitidas para Administrar los Riesgos identificados.
- **Riesgo Tolerable (Tipo D):** El riesgo no requiere de acciones correctivas y preventivas adicionales, es de bajo impacto. Un riesgo Tipo “D” representa una situación de riesgo tolerable. Se debe continuar con los programas de trabajo para mantener la integridad de las capas de protección.

Dentro de os resultados de Hazid se encontraron 144 desviaciones, de las cuales 36 pertenecen a cada receptor, tal como se indicad en el cuadro siguiente.

Cuantificación de riesgo de los peligros para cada categoria de receptor

Índice de Riesgo	Daños al Personal (DP)	Daños a la Población (EP)	Impacto Ambiental (IA)	Daños a la instalación/producción (DIP)	Total
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	1	1
C	20	20	23	21	84
D	16	16	13	14	59
Total	36	36	36	36	144

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “A”** indican que en este nivel no hay afectación al personal, a la población, al medio ambiente ni a las instalaciones.

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “B”** presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes:

- Daños al personal: 0%
- Daños a la población: 0%
- Daños al medio ambiente: 0%

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Daños a la instalación/producción: 100%

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “C”**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 23.80%
- Daños a la población: 23.80%
- Daños al medio ambiente: 27.38%
- Daños a la instalación/producción: 25.0%

Los niveles de riesgo en la zona **tolerable tipo “D”**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 27.11%
- Daños a la población: 27.11%
- Daños al medio ambiente: 22.03%
- Daños a la instalación/producción: 23.72%

Para el análisis **Hazop** solo se considerarán los riesgos indeseables obtenidos daños a la instalación. Que en este análisis esta representado por la seguridad física determinado por el sabotaje o terrorismo con daños específicos a la instalación y transporte de **GN**.

Por otro lado con base, en los datos de accidentes e incidentes en proyectos similares las causas más recurrentes son las que se indican en el cuadro siguiente

Principales causas de los accidentes en todos los sistemas de ductos, periodo 2010-2019

Causa	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Todas las otras causas	16.7%	-	-	-	-	-	-	-	33.3%	50.0%
Corrosión	-	-	-	100%	-	-	25.0%	-	-	-
Excavaciones	33.3%	-	33.3%	-	-	66.7%	25.0%	33.3%	-	-
Operación Incorrecta	-	100%		-	-	33.3%	-	66.7%	-	-
Materiales/uniones/falla de equipo	50.0%	-	33.3%	-	100%	-	25.0%	-	33.3%	-
Daños por fuerzas naturales	-	-		-	-	-	-	-	-	50.0%
Otros daños por fuerzas externas	-	-	33.3%	-	-	-	25.0%	-	33.3%	-

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Causa	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
No. total, de incidentes	6	1	3	1	2	3	4	3	3	2

Fuente: <https://www.phmsa.dot.gov/data-and-statistics/pipeline/pipeline-incident-20-year-trends>

Con base en estos antecedentes se procedió a la identificación de peligros y escenarios de riesgo mediante la metodología denominada **HazOp (Hazardous Operability Analysis)**, es una técnica cualitativa que permite identificar postulados de accidentes que pudieran ocurrir en la instalación.

Esta metodología consta de un procedimiento altamente disciplinado que permite identificar las posibles desviaciones de un proceso con respecto a su intención de diseño. El HazOp se puede definir como la examinación crítica, sistemática y formal de un proceso y sus intenciones de diseño aplicado a instalaciones nuevas o existentes para evaluar el potencial de falla de partes individuales de equipos, y las consecuencias que se producirían como resultado en las instalaciones (Dunjó et al., 2010).

Para la jerarquización de riesgos, se utilizaron los criterios establecidos en las **Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de Proceso PEMEX-SASIPA-SI**, para lo cual se asignó para cada escenario una ponderación por tipo de consecuencia (daño al personal, daños a la población, a la instalación, impacto ambiental, pérdidas de producción).

Se terminaron 3 nodos de acuerdo a los diagramas de proceso , los diagramas de tuberías e instrumentación del STGN, los cuales se muestran en el cuadro siguiente.

Nodo	Condiciones de diseño / Parámetros
1.- Sistema de Transporte de GN en el tramo Frontera – Puerto Libertad.	Gasoducto de 48" Ø de aproximadamente 800+000, con un flujo de 2834 MMPCSD con una presión de 1400 psig.
2.- Estaciones de Medición y Compresión de GN existentes en la trayectoria del STGN	Estación de Compresión CS1 con un flujo de diseño de 2834 MMPCSD y una presión de 1400 psig.
	Estación de Compresión CS2 con un flujo de diseño de 2834 MMPCSD y una presión de 1400 psig.
	Estación de Compresión CS3 con un flujo de diseño de 2834 MMPCSD y una presión de 1400 psig.
	Estación de Compresión CS4 con un flujo de diseño de 2834 MMPCSD y una presión de 1600 psig.
3.- Estaciones de Regulación, Medición y Control de GN existentes en la trayectoria del STGN	Estación de de Regulación, Medición y Control Puerto Libertad con un flujo de diseño de 2834 MMPCSD y una presión de 1600 psig.

Durante el desarrollo de la metodología se utilizaron en todo el análisis Hazop 90 desviaciones (34 desviaciones Nodo 1, 31 desviaciones Nodo 2 y 25 desviaciones Nodo 3) a las intenciones de diseño y factores externos que pueden afectar el desarrollo del Sistema de Transporte derivados de la carencia o pérdida de controles de ingeniería o administrativos, cada desviación fue calificada con una frecuencia y consecuencia y utilizando la matriz de riesgos se otorgó una calificación global de

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

riesgo. A continuación se muestran la cantidad de escenarios de riesgos ubicados en las regiones de la matriz de riesgos por posible afectación: daño a las personas, Efectos a la Población, Impacto Ambiental y Daño a la Infraestructura y Producción.

Cuantificación de riesgo de los peligros para cada categoría de receptor

Índice de Riesgo	Daños al Personal (DP)	Daños a la Población (EP)	Impacto Ambiental (IA)	Daños a la instalación/producción (DIP)	Total
Nodo 1					
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	2	2
C	11	0	12	6	29
D	23	34	22	26	105
Subtotal 1	34	34	34	34	136
Nodo 2					
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	4	4
C	8	0	12	5	25
D	23	31	19	22	95
Subtotal 2	31	31	31	31	134
Nodo 3					
A	0	0	0	0	0
B	0	0	0	2	2
C	11	0	10	8	29
D	14	25	15	15	69
Subtotal 3	25	25	25	25	100

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “A”** indican que en este nivel no hay afectación al personal, a la población, al medio ambiente ni a las instalaciones.

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “B”** presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes:

- Daños al personal: 0.0%
- Daños a la población: 0%

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Daños al medio ambiente: 0%
- Daños a la instalación/producción: 100.0%

Los niveles de riesgo en la zona aceptable con **controles tipo “C”**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 35.29%
- Daños a la población: 0.0%
- Daños al medio ambiente: 40.00%
- Daños a la instalación/producción: 24.71%

Los niveles de riesgo en la zona **tolerable tipo “D”**, presentan porcentajes relativos equivalentes, siendo su participación los siguientes porcentajes:

- Daños al personal: 22.47%
- Daños a la población: 33.71%
- Daños al medio ambiente: 20.97%
- Daños a la instalación/producción: 22.85%

De la matriz de jerarquización se desprende que de los escenarios identificados ninguno se encuentra en la zona no tolerable, 8 se encuentran en la zona de riesgo indeseable para el daño a la infraestructura y producción; 83 en la zona aceptable con controles, para daño al personal son 30, 34 para impacto ambiental y 21 para daño a la infraestructura y producción y 267 en la zona de riesgo tolerable, para daño al personal 60, para daño a la población 90, para impacto ambiental 55 y para daño a la infraestructura y producción 60.

De acuerdo con el tipo de Zona de Riesgo en que se encuentran los escenarios, es la gravedad y la clase de aceptación del riesgo dentro del estudio, en la tabla siguiente se muestran dichos eventos. En las zonas de tipo A, B, C y D existe la posibilidad del establecimiento de controles adecuados, con un margen de tiempo suficiente, para la eliminación del posible riesgo involucrado en dichas operaciones.

Los riesgos Tipo B los cuales serán analizados mediante metodologías de análisis detallado de frecuencias para determinar su probabilidad. Cabe mencionar que, en esta primera instancia de jerarquización de riesgos, la calificación global no considera las medidas de seguridad con las que cuenta el **STGN**.

A continuación, se muestran los escenarios identificados a partir del análisis **HAZOP** en la región **ALARP**.

Escenarios identificados al análisis de frecuencias

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Desviación	Descripción	Nivel de riesgos	Nivel de riesgo	Nodo	Consecuencia
ESC_1	Menos Flujo Menos presión Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) Más corrosión	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad	B	16	1	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión
ESC_2	Más flujo	Aumento de presión en la válvula del patín de medición de la CS1 y CS4			2	Fuga de gas natural en válvula de patín de filtración con riesgo de incendio o explosión
ESC_3	Menos presión Menos Flujo Más Corrosión	Ruptura parcial o total de ducto que conduce al patín de filtración o hasta el sistema de medición, compresión o regulación en CS o EMRYC			2 y 3	Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión
ESC_4	Más Presión	Aumento de presión en la válvula de descarga del cabezal salida de alta presión de la CS4.			2	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga del cabezal de salida de alta presión con riesgo de incendio o explosión.

Eventos de riesgo identificados para el análisis de consecuencias

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
Transporte de GN por un gasoducto de 48" Ø de aproximadamente 800+000, con un flujo de 2834 MMPCSD con una presión de 1440 del 0+00 hasta 632+00 psig y de 1600 632+00 hasta 800+00.						
EVE_1_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60100-MLV-60101	30,750
EVE_2_GAS		20% (CMP)				
EVE_3_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60101-MLV-60102	30,100
EVE_4_GAS		20% (CMP)				
EVE_5_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60102-MLV-60103	30,600
EVE_6_GAS		20% (CMP)				
EVE_7_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60103-MLV-10404	27,750
EVE_8_GAS		20% (CMP)				
EVE_9_GAS		100% (PC)	1440	2834		32,000

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
EVE_10_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	20% (CMP)			MLV-10404-MLV-60205	
EVE_11_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60205-MLV-60206	32,000
EVE_12_GAS		20% (CMP)				
EVE_13_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60206-MLV-60207	32,000
EVE_14_GAS		20% (CMP)				
EVE_15_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60207-MLV-60208	31,000
EVE_16_GAS		20% (CMP)				
EVE_17_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60208-MLV-20409	32,000
EVE_18_GAS		20% (CMP)				
EVE_19_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-20409-MLV-60310	26,200
EVE_20_GAS		20% (CMP)				
EVE_21_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60310-MLV-60311	27,400
EVE_22_GAS		20% (CMP)				
EVE_23_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60311-MLV-60312	31,350
EVE_24_GAS		20% (CMP)				
EVE_25_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60312-MLV-60313	27,700
EVE_26_GAS		20% (CMP)				
EVE_27_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60313-MLV-60314	31.100
EVE_28_GAS		20% (CMP)				
EVE_29_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60314-MLV-60315	30,250
EVE_30_GAS		20% (CMP)				
EVE_31_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60315-MLV-30416	20,800
EVE_32_GAS		20% (CMP)				
EVE_33_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-30416-MLV-60417	31.400
EVE_34_GAS		20% (CMP)				
EVE_35_GAS		100% (PC)	1600	2834		32,000

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
EVE_36_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	20% (CMP)			MLV-60417-MLV-60418	
EVE_37_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60418-MLV-60419	32,000
EVE_38_GAS		20% (CMP)				
EVE_39_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60419-MLV-60420	32,000
EVE_40_GAS		20% (CMP)				
EVE_41_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60420-MLV-40421	31,800
EVE_42_GAS		20% (CMP)				
EVE_43_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-40421-MLV-60522	29,100
EVE_44_GAS		20% (CMP)				
EVE_45_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60522-MLV-60523	27,750
EVE_46_GAS		20% (CMP)				
EVE_47_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60523-MLV-60524	28,650
EVE_48_GAS		20% (CMP)				
EVE_49_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60524-MLV-60525	26,900
EVE_50_GAS		20% (CMP)				
EVE_51_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60525-MLV-60526	28,150
EVE_52_GAS		20% (CMP)				
EVE_53_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60526-EMRyC	27,650
EVE_54_GAS		20% (CMP)				
Estaciones de Compresión CS1 y CS4						
EVE_55_CS1	Fuga de GN por la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara con riesgo de incendio o explosión.	2" (CA)	1440	2834	CS1	500
EVE_56_CS4	Fuga de GN por la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Samalayuca - Sásabe con riesgo de incendio o explosión.	2" (CA)	1440	2834	CS4	500

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
EVE_57_CS4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4.con riesgo en la incendio o explosión.	28" (PC)	1600	2834	CS4	50
CS1, CS2, CS3, CS4, EMRyC						
EVE_58_CS1	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS1	50
		20% (CMP)				
EVE_59_CS2	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS2	50
		20% (CMP)				
EVE_60_CS3	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS3	50
		20% (CMP)				
EVE_61_CS4	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS4	50
		20% (CMP)				
EVE_62_EMRYC	Fuga de GN por la tubería de 36" Ø que conecta hacia un brazo del patín de regulación con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1600	2834	EMRyC PUERTO LIBERTAD	60
		20% (CMP)				

Eventos de riesgo identificados para el análisis de consecuencias

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
Transporte de GN por un gasoducto de 48" Ø de aproximadamente 800+000, con un flujo de 2834 MMPCSD con una presión de 1440 del 0+00 hasta 632+00 psig y de 1600 632+00 hasta 800+00.						
EVE_1_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60100-MLV-60101	30,750
EVE_2_GAS		20% (CMP)				
EVE_3_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60101-MLV-60102	30,100
EVE_4_GAS		20% (CMP)				
EVE_5_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60102-MLV-60103	30,600
EVE_6_GAS		20% (CMP)				
EVE_7_GAS		100% (PC)	1440	2834		27,750

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
EVE_8_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	20% (CMP)			MLV-60103-MLV-10404	
EVE_9_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-10404-MLV-60205	32,000
EVE_10_ GAS		20% (CMP)				
EVE_11_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60205-MLV-60206	32,000
EVE_12_ GAS		20% (CMP)				
EVE_13_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60206-MLV-60207	32,000
EVE_14_ GAS		20% (CMP)				
EVE_15_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60207-MLV-60208	31,000
EVE_16_ GAS		20% (CMP)				
EVE_17_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60208-MLV-20409	32,000
EVE_18_ GAS		20% (CMP)				
EVE_19_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-20409-MLV-60310	26,200
EVE_20_ GAS		20% (CMP)				
EVE_21_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60310-MLV-60311	27,400
EVE_22_ GAS		20% (CMP)				
EVE_23_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60311-MLV-60312	31,350
EVE_24_ GAS		20% (CMP)				
EVE_25_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60312-MLV-60313	27,700
EVE_26_ GAS		20% (CMP)				
EVE_27_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60313-MLV-60314	31.100
EVE_28_ GAS		20% (CMP)				
EVE_29_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60314-MLV-60315	30,250
EVE_30_ GAS		20% (CMP)				
EVE_31_ GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1440	2834	MLV-60315-MLV-30416	20,800
EVE_32_ GAS		20% (CMP)				
EVE_33_ GAS		100% (PC)	1600	2834		31.400

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
EVE_34_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	20% (CMP)			MLV-30416-MLV-60417	
EVE_35_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60417-MLV-60418	32,000
EVE_36_GAS		20% (CMP)				
EVE_37_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60418-MLV-60419	32,000
EVE_38_GAS		20% (CMP)				
EVE_39_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60419-MLV-60420	32,000
EVE_40_GAS		20% (CMP)				
EVE_41_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60420-MLV-40421	31,800
EVE_42_GAS		20% (CMP)				
EVE_43_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-40421-MLV-60522	29,100
EVE_44_GAS		20% (CMP)				
EVE_45_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60522-MLV-60523	27,750
EVE_46_GAS		20% (CMP)				
EVE_47_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60523-MLV-60524	28,650
EVE_48_GAS		20% (CMP)				
EVE_49_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60524-MLV-60525	26,900
EVE_50_GAS		20% (CMP)				
EVE_51_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60525-MLV-60526	28,150
EVE_52_GAS		20% (CMP)				
EVE_53_GAS	Fuga de GN por un gasoducto de 48" Ø con riesgo de incendio o explosión	100% (PC)	1600	2834	MLV-60526-EMRyC	27,650
EVE_54_GAS		20% (CMP)				
Estaciones de Compresión CS1 y CS4						
EVE_55_CS1	Fuga de GN por la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara con riesgo de incendio o explosión.	2" (CA)	1440	2834	CS1	500
EVE_56_CS4	Fuga de GN por la válvula del patín de medición de 30" Ø	2" (CA)	1440	2834	CS4	500

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenario	Descripción	Fuga/Tipo	Presión (psig)	Flujo (MMPCSD)	Sección	Longitud (m)
	proveniente del gasoducto Samalayuca - Sásabe con riesgo de incendio o explosión.					
EVE_57_CS4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4.con riesgo en la incendio o explosión.	28" (PC)	1600	2834	CS4	50
CS1, CS2, CS3, CS4, EMRyC						
EVE_58_CS1	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS1	50
		20% (CMP)				
EVE_59_CS2	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS2	50
		20% (CMP)				
EVE_60_CS3	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS3	50
		20% (CMP)				
EVE_61_CS4	Fuga de GN por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1440	2834	CS4	50
		20% (CMP)				
EVE_62_EMRYC	Fuga de GN por la tubería de 36" Ø que conecta hacia un brazo del patín de regulación con riesgo de incendio o explosión.	100% (PC)	1600	2834	EMRyC PUERTO LIBERTAD	60
		20% (CMP)				

Para aquellos escenarios de riesgo identificados dentro de las regiones **ALARP** y no tolerable se realizó un análisis detallado de frecuencias y para algunos que son de interés particular. La metodología seleccionada para este análisis fue el árbol de fallas por ser considerara pertinente y aplicable, de conformidad con las características del **STGN**.

El árbol de falla se utiliza para cuantificar las consecuencias de accidente. Un árbol de sucesos refleja los posibles caminos de éxito y de fracaso en el tratamiento de la secuencia accidental que deriva de un suceso iniciador determinado, como el paro indeseado de un proceso. Esto se realiza conociendo al iniciador del evento. Este análisis considera que el operador y el responsable del sistema de seguridad están fuera al iniciarse algún evento. El resultado de este análisis es un conjunto secuencial de fallas y errores que definen todas las posibles salidas de un incidente.

Los escenarios para el análisis de fallas son los que en encuentran en la zona ALARP, los cuales se encuentran en la tabla siguiente.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenarios para la metodología de árbol de fallas

No.	Evento	Desviación	Suceso
1	ESC_1	Menos Flujo, Menos presión, Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) y Más corrosión	Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.
2	ESC_2	Más flujo	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.
3	ESC_3	Menos presión, Menos Flujo y Más Corrosión	Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.
4	ESC_4	Más presión	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.

Para que se produzca esta fuga de gas natural inaceptable y subsiguiente estallido e incendio, es necesario que se presenten dos sucesos simultáneamente:

- Que haya fallado la salvaguarda (Sistema Scada, Válvula de seccionamiento, Válvula de cierre manual, Sistema Básico de Proceso, Paro de emergencia entre otros)
- Que falla sea de la tubería y accesorio de conexión por deficiencias en el diseño, construcción o materiales, errores humanos, daño por terceros, o deficiencias por falta de mantenimiento o corrosión.

A continuación, se presentan las probabilidades de ocurrencia de los sucesos planteados de acuerdo con el análisis **HAZOP** de los riesgos identificados en la región **ALARP**.

Resultados de la solución de árboles de falla para los sucesos planteados

Suceso	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Elementos que contribuyen
1	Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	2.59E-04	0.000259	Todos los elementos son contribuyentes
2	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.	4.86E-04	0.000486	No actúa el vandalismo de la zona

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

3	Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.	6.53E-04	0.000653	Todos los elementos son contribuyentes
4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.	4.86E-04	0.000486	No actúa el vandalismo de la zona

A continuación, se jerarquizan los eventos de acuerdo a los índices de frecuencias obtenidos.

Valores de frecuencia de los sucesos analizados

Suceso	Descripción	Resultado	Probabilidad de ocurrencia	Categoría
1	Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	2.59E-04	0.000259	F1: Extremadamente raro
2	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.	4.86E-04	0.000486	F1: Extremadamente raro
3	Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.	6.53E-04	0.000653	F1: Extremadamente raro
4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.	4.86E-04	0.000486	F1: Extremadamente raro

De acuerdo al análisis de frecuencias, sus probabilidades de fallo en los equipos y elementos analizados, cuyos resultados se muestran a continuación:

- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 1 en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.000259, es decir un 0.00259% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpreta que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 2.59 ocasiones, categorizado como extremadamente raro.
- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 2 por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4, tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.000486, es decir un 0.00486% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 4.86 ocasiones, categorizado como categorizado como extremadamente raro.

- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 3 por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1, CS2, CS3 y CS4, tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.000653, es decir un 0.00653% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpretar que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 6.53 ocasiones, categorizado como categorizado como extremadamente raro.
- El evento de fuga con incendio y/o explosión de gas natural del suceso 4 por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4, tiene una tasa de falla (fÉ) de 0.000486, es decir un 0.00486% de probabilidad de ocurrencia, lo cual también se puede interpreta que de cada 10,000 situaciones en que se presenta el evento, la fuga dará en 4.86 ocasiones, categorizado como categorizado como extremadamente raro.

Aunque todas la hipótesis son de categoría de extremadamente raro, la hipótesis de mayor probabilidad de ocurrencia es:

SUCESO 1: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.

Para el análisis de consecuencias se realizaron las **simulaciones mediante el software PHAST** de la empresa DNV versión 8.71. Una vez llevadas a cabo las simulaciones de las hipótesis mencionadas en el capítulo anterior se arrojaron diferentes tipos escenarios de acuerdo con el comportamiento de la mezcla al liberarse al medio ambiente y las condiciones externas que se pueden presentar, por lo que es necesario entender cada tipo de evento:

- **Chorro de fuego (Jet fire):** El evento de Jet Fire se puede definir como una llama estacionaria de difusión de gran longitud y poca anchura, como la producida por un soplete de oxi-acetileno. Generalmente este evento ocurre cuando un material inflamable ha sido liberado a alta presión y se incendia a una distancia del punto de la descarga. La nube formada produce el incendio (Jet Fire) en cualquier momento, siempre y cuando esté por encima de su límite inferior de inflamabilidad y por debajo del superior, esta zona de la nube es la que se considera para determinar los efectos de radiación térmica.

Explosión de nube de gas no confinada (UVCE): La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica.

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Escenarios a simular con los datos a ser alimentados en el software PHAST

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Diámetro (Pulgadas)	Presión (psi)	Sección	Longitud (m)	Temperatura (°c)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Inventario (Kg)	Tiempo de fuga (s)
1	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60100-MLV60101.	EVE_1_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60100-MLV-60101	30,750	31.41	52.35	9.65	1,468,573.90	10.00
		EVE_2_ GAS	20% (CMP)	9.50							58,830.00	
2	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60101-MLV60102.	EVE_3_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60101-MLV-60102	30,100	31.41	52.35	9.65	1,442,320.14	10.00
		EVE_4_ GAS	20% (CMP)	9.50							57,692.81	
3	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60102-MLV60103.	EVE_5_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60102-MLV-60103	30,600	31.41	52.35	9.65	1,464,198.28	10.00
		EVE_6_ GAS	20% (CMP)	9.50							58,567.93	
4	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60103-MLV60104.	EVE_7_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60103-MLV-10404	27,750	31.41	52.35	9.65	1,339,492.88	10.00
		EVE_8_ GAS	20% (CMP)	9.50							53,579.72	
5	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60104-MLV60205.	EVE_9_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-10404-MLV-60205	32,000	31.41	52.35	9.65	1,525,457.07	10.00
		EVE_10_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
6	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60205-MLV60206.	EVE_11_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60205-MLV-60206	32,000	31.41	52.35	9.65	1,525,457.07	10.00
		EVE_12_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
7	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60206-MLV60207.	EVE_13_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60206-MLV-60207	32,000	31.41	52.35	9.65	1,525,457.07	10.00
		EVE_14_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
8	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60207-MLV60208.	EVE_15_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60207-MLV-60208	31,000	31.41	52.35	9.65	1,481,700.79	10.00
		EVE_16_ GAS	20% (CMP)	9.50							59,268.03	

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Diámetro (Pulgadas)	Presión (psi)	Sección	Longitud (m)	Temperatura (°c)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Inventario (Kg)	Tiempo de fuga (s)
9	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60208-MLV20409.	EVE_17_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60208-MLV-20409	32,000	31.41	52.35	9.65	1,525,457.07	10.00
		EVE_18_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
10	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV20409-MLV60310.	EVE_19_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-20409-MLV-60310	26,200	28.60	59.33	1.61	1,271,670.65	10.00
		EVE_20_ GAS	20% (CMP)	9.50							50,866.83	
11	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60310-MLV60311.	EVE_21_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60310-MLV-60311	27,400	28.60	59.33	1.61	1,324,178.18	10.00
		EVE_22_ GAS	20% (CMP)	9.50							52,967.13	
12	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60311-MLV60312.	EVE_23_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60311-MLV-60312	31,350	28.60	59.33	1.61	1,497,015.49	10.00
		EVE_24_ GAS	20% (CMP)	9.50							60,143.16	
13	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60312-MLV60313.	EVE_25_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60312-MLV-60313	27,700	28.60	59.33	1.61	1,337,305.07	10.00
		EVE_26_ GAS	20% (CMP)	9.50							53,492.20	
14	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60313-MLV60314.	EVE_27_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60313-MLV-60314	31.100	28.60	59.33	1.61	1,486,076.42	10.00
		EVE_28_ GAS	20% (CMP)	9.50							59,443.06	
15	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60314-MLV60315.	EVE_29_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60314-MLV-60315	30,250	28.60	59.33	1.61	1,448,883.58	10.00
		EVE_30_ GAS	20% (CMP)	9.50							57,955.34	
16	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60315-MLV60416.	EVE_31_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60315-MLV-30416	20,800	28.60	59.33	1.61	1,035,386.74	10.00
		EVE_32_ GAS	20% (CMP)	9.50							41,415.47	
17		EVE_33_ GAS	100% (PC)	48.00	1440		31.400	45.90	60.50	2.99	1,499,203.30	10.00

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Diámetro (Pulgadas)	Presión (psi)	Sección	Longitud (m)	Temperatura (°c)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Inventario (Kg)	Tiempo de fuga (s)
	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60416-MLV60417.	EVE_34_ GAS	20% (CMP)	9.50		MLV-30416-MLV-60417					59,968.13	
18	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60417-MLV60418.	EVE_35_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60417-MLV-60418	32,000	45.90	60.50	2.99	1,525,457.07	10.00
		EVE_36_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
19	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60418-MLV60419.	EVE_37_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60418-MLV-60419	32,000	45.90	60.50	2.99	1,525,457.07	10.00
		EVE_38_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
20	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60419-MLV60420.	EVE_39_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60419-MLV-60420	32,000	45.90	60.50	2.99	1,525,457.07	10.00
		EVE_40_ GAS	20% (CMP)	9.50							61,018.28	
21	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60420-MLV60421.	EVE_41_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-60420-MLV-40421	31,800	45.90	60.50	2.99	1,516,705.81	10.00
		EVE_42_ GAS	20% (CMP)	9.50							60,668.23	
22	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60421-MLV60522.	EVE_43_ GAS	100% (PC)	48.00	1440	MLV-40421-MLV-60522	29,100	45.90	60.50	2.99	1,398,563.86	10.00
		EVE_44_ GAS	20% (CMP)	9.50							55,942.55	
23	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60522-MLV60523.	EVE_45_ GAS	100% (PC)	48.00	1600	MLV-60522-MLV-60523	27,750	45.90	60.50	2.99	1,353,269.63	10.00
		EVE_46_ GAS	20% (CMP)	9.50							54,130.79	
24	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60523-MLV60524.	EVE_47_ GAS	100% (PC)	48.00	1600	MLV-60523-MLV-60524	28,650	34.57	60.50	2.99	1,392,650.28	10.00
		EVE_48_ GAS	20% (CMP)	9.50							55,706.01	
25		EVE_49_ GAS	100% (PC)	48.00	1600		26,900	34.57	60.50	2.99	1,316,076.79	10.00

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Diámetro (Pulgadas)	Presión (psi)	Sección	Longitud (m)	Temperatura (°c)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Inventario (Kg)	Tiempo de fuga (s)
	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60524-MLV60525.	EVE_50_GAS	20% (CMP)	9.50		MLV-60524-MLV-60525					52,643.07	
26	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60525-MLV60526.	EVE_51_GAS	100% (PC)	48.00	1600	MLV-60525-MLV-60526	28,150	34.57	34.58	5.46	1,370,772.14	10.00
		EVE_52_GAS	20% (CMP)	9.50							54,830.89	
27	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60526-EMRyC Puerto Libertad.	EVE_53_GAS	100% (PC)	48.00	1600	MLV-60526-EMRyC	27,650	34.57	34.58	5.46	1,348,894.00	10.00
		EVE_54_GAS	20% (CMP)	9.50							53,955.76	
CS1	Fuga de GN de un orificio de 2" por la válvula de patín de medición de 30" DN proveniente del gasoducto Tarahumara	EVE_55_CS1	2" (CA)	2.00	1440.00	CS1	160.00	31.41	52.35	9.65	2,370.00	10.00
CS4	Fuga de GN de un orificio de 2" por la válvula de patín de medición de 30" DN proveniente del gasoducto Samalayuca-Sásabe	EVE_56_CS4	2" (CA)	2.00	1600.00	CS4	150.00	45.90	60.50	2.99	2,367.05	10.00
Válvula de descarga CS4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga por alta presión a la salida de los motocompresores de la CS4 con un diámetro de 24".	EVE_57_CS4	24" (PC)	24.00	1600.00	CS4	150.00	45.90	60.50	2.99	2,367.05	10.00
CS1	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores en CS1.	EVE_58_CS1	100% (PC)	16.00	1440.00	CS1	50.00	31.41	52.35	9.65	17,187.29	10.00
			20% (CMP)	3.20							11,995.75	
CS2	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS2.	EVE_59_CS2	100% (PC)	16.00	1440.00	CS2	50.00	31.41	52.35	9.65	17,187.29	10.00
			20% (CMP)	3.20							11,995.75	
CS3		EVE_60_CS3	100% (PC)	16.00	1440.00	CS3	50.00	28.60	59.33	1.61	17,187.29	10.00

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Diámetro (Pulgadas)	Presión (psi)	Sección	Longitud (m)	Temperatura (°c)	Humedad Relativa (%)	Velocidad del viento (m/s)	Inventario (Kg)	Tiempo de fuga (s)
	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS3.		20% (CMP)	3.20							11,995.75	
CS4	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS4.	EVE_61_CS4	100% (PC)	16.00	1440.00	CS4	50.00	45.90	60.50	2.99	17,187.29	10.00
			20% (CMP)	3.20							11,995.75	
EMRYC	Fuga de GN al 100% por tubería de 30" DN que conecta hacia un brazo del patín de regulación en la EMRYC.	EVE_62_EMRYC	100% (PC)	30.00	1600.00	EMRYC	50.00	34.57	34.58	5.46	64,639.92	10.00
			20% (CMP)	6.00							41,952..41	

Resultados de las simulaciones realizadas en el software PHAST de los escenarios planteados

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Tasa de fuga (kg/s)	Chorro de Fuego (Jet Fire)			Sobrepresión (Explosión)		
					ZDE (25 Kw/m2) (m)	ZAR (5 Kw/m2) (m)	ZA (1.4Kw/m2) (m)	ZDE (10 psi) (m)	ZAR (1 psi) (m)	ZA (0.5 psi) (m)
1	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60100-MLV60101.	EVE_1_GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1465.99
		EVE_2_GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
2	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60101-MLV60102.	EVE_3_GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_4_GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
3	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60102-MLV60103.	EVE_5_GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_6_GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
4		EVE_7_GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Tasa de fuga (kg/s)	Chorro de Fuego (Jet Fire)			Sobrepresión (Explosión)		
					ZDE (25 Kw/m2) (m)	ZAR (5 Kw/m2) (m)	ZA (1.4Kw/m2) (m)	ZDE (10 psi) (m)	ZAR (1 psi) (m)	ZA (0.5 psi) (m)
	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60103-MLV60104.	EVE_8_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
5	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60104-MLV60205.	EVE_9_ GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_10_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
6	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60205-MLV60206.	EVE_11_ GAS	100% (PC)	18247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_12_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
7	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60206-MLV60207.	EVE_13_ GAS	100% (PC)	18,,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_14_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
8	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60207-MLV60208.	EVE_15_ GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_16_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
9	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60208-MLV20409.	EVE_17_ GAS	100% (PC)	18,247.90	613.77	1,116.75	1,775.18	569.50	991.38	1,465.99
		EVE_18_ GAS	20% (CMP)	714.78	154.29	282.50	452.96	133.12	223.79	321.74
10	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV20409-MLV60310.	EVE_19_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	642.76	1055.16	1,603.90
		EVE_20_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
11	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60310-MLV60311.	EVE_21_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	642.76	1,055.16	1,603.90
		EVE_22_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
12		EVE_23_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	689.50	1,139.00	1,723.47

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Tasa de fuga (kg/s)	Chorro de Fuego (Jet Fire)			Sobrepresión (Explosión)		
					ZDE (25 Kw/m2) (m)	ZAR (5 Kw/m2) (m)	ZA (1.4Kw/m2) (m)	ZDE (10 psi) (m)	ZAR (1 psi) (m)	ZA (0.5 psi) (m)
	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60311-MLV60312.	EVE_24_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
13	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60312-MLV60313.	EVE_25_ GAS	100% (PC)	18,247.90	530.37	1,301.52	2,080.86	689.85	1,139.27	1,723.88
		EVE_26_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
14	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60313-MLV60314.	EVE_27_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	689.50	1,139.00	1,723.47
		EVE_28_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
15	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60314-MLV60315.	EVE_29_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	689.50	1,139.00	1,723.47
		EVE_30_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
16	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60315-MLV60416.	EVE_31_ GAS	100% (PC)	18,247.90	532.79	1,301.33	2,080.23	689.50	11,39.00	1,723.47
		EVE_32_ GAS	20% (CMP)	714.78	n/d	299.89	491.40	189.13	303.41	426.85
17	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60416-MLV60417.	EVE_33_ GAS	100% (PC)	18,247.90	570.45	1,180.41	1,851.68	652.48	1,110.65	1,679.32
		EVE_34_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
18	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60417-MLV60418.	EVE_35_ GAS	100% (PC)	18247.90	571.06	1,180.89	1,852.51	652.48	1,110.65	1,679.32
		EVE_36_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
19	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60418-MLV60419.	EVE_37_ GAS	100% (PC)	18,,247.90	571.06	1,180.89	1,852.51	652.43	1,110.65	1,679.32
		EVE_38_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
20		EVE_39_ GAS	100% (PC)	18,247.90	571.06	1,180.89	1,852.51	652.43	1,110.65	1,679.32

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Tasa de fuga (kg/s)	Chorro de Fuego (Jet Fire)			Sobrepresión (Explosión)		
					ZDE (25 Kw/m2) (m)	ZAR (5 Kw/m2) (m)	ZA (1.4Kw/m2) (m)	ZDE (10 psi) (m)	ZAR (1 psi) (m)	ZA (0.5 psi) (m)
	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60419-MLV60420.	EVE_40_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
21	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60420-MLV60421.	EVE_41_ GAS	100% (PC)	18,247.90	571.06	1,180.89	1,852.51	652.43	1,110.65	1,679.32
		EVE_42_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
22	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60421-MLV60522.	EVE_43_ GAS	100% (PC)	18,247.90	571.06	1,180.89	1,852.51	652.43	1,110.65	1,679.32
		EVE_44_ GAS	20% (CMP)	714.78	95.32	278.26	451.42	177.54	285.56	402.26
23	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60522-MLV60523.	EVE_45_ GAS	100% (PC)	20,406.10	603.48	1,240.72	1,943.64	690.89	1,161.33	1,756.40
		EVE_46_ GAS	20% (CMP)	799.32	103.16	293.06	474.94	186.76	293.85	417.68
24	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60523-MLV60524.	EVE_47_ GAS	100% (PC)	20,406.10	674.14	1,304.23	2,054.74	681.63	1,154.66	1,752.61
		EVE_48_ GAS	20% (CMP)	799.32	128.95	303.40	491.26	179.15	293.46	416.95
25	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60524-MLV60525.	EVE_49_ GAS	100% (PC)	20,406.10	674.14	1,304.23	2,054.74	681.63	1154.66	1,,752.61
		EVE_50_ GAS	20% (CMP)	799.32	128.95	303.40	491.26	171.05	283.44	406.91
26	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60525-MLV60526.	EVE_51_ GAS	100% (PC)	20,406.10	685.61	1,257.94	2,002.08	634.58	1,099.69	1,656.42
		EVE_52_ GAS	20% (CMP)	799.32	162.73	306.43	494.90	166.99	272.86	387.24
27	Fuga de GN de la tubería del gasoducto de 48" DN entre las válvulas MLV60526-EMRyC Puerto Libertad.	EVE_53_ GAS	100% (PC)	20,406.10	685.61	1,257.94	2,002.08	634.58	1,099.69	1,656.42
		EVE_54_ GAS	20% (CMP)	799.32	162.73	306.43	494.90	166.99	272.86	387.24

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sección (AP)	Descripción del Escenario	Escenario	Fuga / Escenario	Tasa de fuga (kg/s)	Chorro de Fuego (Jet Fire)			Sobrepresión (Explosión)		
					ZDE (25 Kw/m2) (m)	ZAR (5 Kw/m2) (m)	ZA (1.4Kw/m2) (m)	ZDE (10 psi) (m)	ZAR (1 psi) (m)	ZA (0.5 psi) (m)
CS1	Fuga de GN de un orificio de 2" por la válvula de patín de medición de 30" DN proveniente del gasoducto Tarahumara	EVE_55_CS1	2" (CA)	14.34	n/d	15.53	63.02	62.45	81.93	100.82
CS4	Fuga de GN de un orificio de 2" por la válvula de patín de medición de 30" DN proveniente del gasoducto Samalayuca-Sásabe	EVE_56_CS4	2" (CA)	14.34	42.44	57.23	78.64	64.83	83.78	104.26
Válvula de descarga CS4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga por alta presión a la salida de los motocompresores de la CS4 con un diámetro de 24".	EVE_57_CS4	24" (PC)	14.34	42.44	57.23	78.64	48.93	162.41	285.01
CS1	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores en CS1.	EVE_58_CS1	100% (PC)	2027.55	382.88	564.28	828.29	688.95	781.84	981.11
			20% (CMP)	81.10	100.24	132.98	185.48	205.22	242.53	296.36
CS2	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS2.	EVE_59_CS2	100% (PC)	2027.55	382.88	564.28	828.29	688.95	781.84	981.11
			20% (CMP)	81.10	100.24	132.98	185.48	205.22	242.53	296.36
CS3	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS3.	EVE_60_CS3	100% (PC)	2027.55	382.88	564.28	828.29	688.95	781.84	981.11
			20% (CMP)	81.10	100.24	132.98	185.48	205.22	242.53	296.36
CS4	Fuga de GN al 100% por tubería de 16" DN que conecta hacia los compresores EN CS4.	EVE_61_CS4	100% (PC)	2027.55	382.88	564.28	828.29	688.95	781.84	981.11
			20% (CMP)	81.10	100.24	132.98	185.48	205.22	242.53	296.36
EMRYC	Fuga de GN al 100% por tubería de 30" DN que conecta hacia un brazo del patín de regulación en la EMRYC.	EVE_62_EMRYC	100% (PC)	7128.09	689.58	1013.51	1517.40	972.10	1235.82	1553.60
			20% (CMP)	285.12	161.51	234.82	340.77	300.92	361.32	465.75

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Para el análisis de vulnerabilidad de acuerdo a los escenarios de riesgo se tiene lo siguiente:

Daño al personal y la población

- **Radiación Térmica**

No existirá receptores de riesgo debido a que la empresa no contará con personal de forma permanente a lo largo de la trayectoria del **STGN** y en cuanto a la población aledaña, como personas que se encuentren en tránsito no habrá porque no existen poblaciones cercanas al radio determinado de 800 metros como zonas vulnerables. Sin embargo, los efectos a los receptores se indican a continuación:

- **Sobrepresión (Explosión)**

Asimismo, como en el caso anterior es muy poco probable por la falta de presencia de trabajadores de forma permanente a lo largo de la trayectoria del **STGN** y poblaciones cercanas no se tendrían muertos y lesionados por onda de sobrepresión.

- **Radiación térmica**

ZA: Molestias exposición crónica al personal de trabajo del **STGN**, población y personas que se encuentren en el radio de afectación en los 15 segundos presentando severo dolor de cabeza por inhalación.

- **Sobrepresión (Explosión)** Asimismo, se tendrían lesionados por onda de sobrepresión

Daño al ambiente

- **Radiación Térmica**

ZAR: Existe diferentes tipos de vegetación la cual se causaría daños parciales presente en el área, por efecto de radiación térmica provocando incendios. Cabe mencionar que se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de protección de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**, la cual también sufriría daños.

Por otro lado, se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se origina.

- **Sobrepresión (Explosión)**

También, potencialmente existirá daños a la fauna presente, debido a la onda de sobrepresión que se derive del evento.

ZA: se emitirán gases de combustión a la atmósfera por el combustible que se encuentre contenido en el incendio que se origina.

Sobrepresión (Explosión)

Asimismo, se tendrían especies de fauna lesionados por onda de sobrepresión. Cabe mencionar que se identificaron especies de flora listadas en algún estatus de protección de la **NOM-059-SEMARNAT-2010**.

Daño a la infraestructura y sistema de transporte

- **Radiación térmica**

ZAR: Daños a la infraestructura de **STGN** por debilitamiento de los ductos de transporte, así como equipos y dispositivos y la CS1, CS2, CS3, CS4 y EMRyC, así como infraestructura de carreteras, caminos, líneas de transmisión otros ductos, por la exposición a la radiación

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

térmica por el incendio que se pudiera presenta incrementación la póliza del seguro de daños a terceros.

La imagen de la empresa causaría pérdida de credibilidad sus medidas y dispositivos de seguridad, así como desconfianza e incertidumbre sobre sus operaciones de transporte de gas natural en el futuro para el reinicio después del evento.

ZA: Costos económicos para resarcir el daño ocasionado por el efecto de la radiación térmica, incrementación la póliza del seguro de daños a terceros.

- **Sobre presión (Explosión)**

ZAR: Los daños a la infraestructura serían mayores principalmente en los cruces con otras infraestructuras urbanas existentes como, Líneas Eléctricas, caminos de terracería y carreteras estatales y federales

ZA: Costos económicos para resarcir el daño ocasionado por muertes y lesionados por la onda expansiva incrementación la póliza del seguro de daños a terceros.

La imagen de la empresa causaría pérdida de credibilidad sus medidas y dispositivos de seguridad, así como desconfianza e incertidumbre sobre sus operaciones de transporte de gas natural en el futuro para el reinicio después del evento.

Para el reposicionamiento de los escenarios de riesgo considerando la medidas de seguridad y mitigación de riesgos se utilizó la técnica denominada **"árbol de sucesos"**, es una técnica de algún modo complementaria al **"árbol de fallos y errores"**. Esta técnica del árbol de sucesos, desarrolla un diagrama gráfico secuencial a partir de sucesos "iniciadores" o desencadenantes de incidencia significativa y, por supuesto indeseados, para averiguar todo lo que puede acontecer y, en especial, comprobar si las medidas preventivas existentes o previstas son suficientes para limitar o minimizar los efectos negativos.

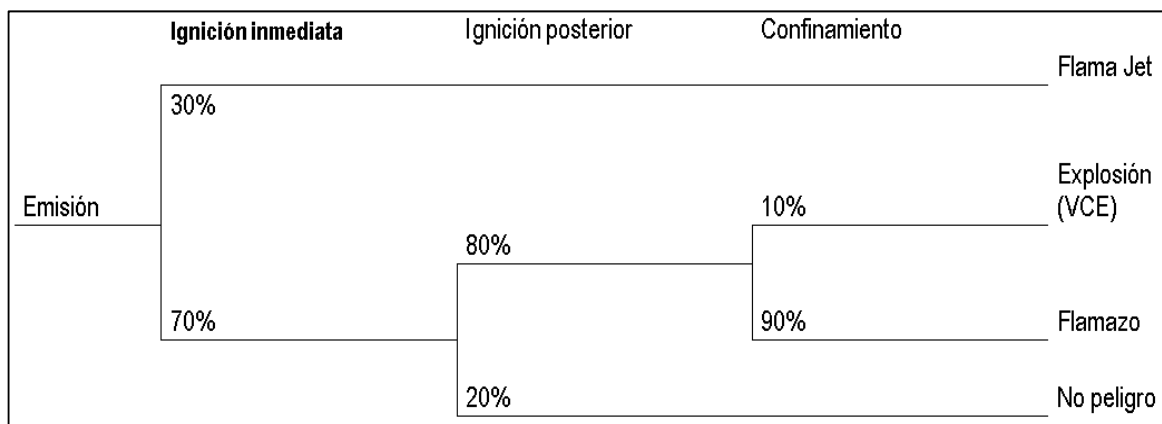
El árbol de sucesos o análisis de secuencias de sucesos es un método inductivo que describe la evolución de un suceso iniciador sobre la base de la respuesta de distintos sistemas tecnológicos o condiciones externas. Partiendo del suceso iniciador y considerando los factores condicionantes involucrados, el árbol describe las secuencias accidentales que conducen a distintos eventos.

Una vez dado el incidente de fuga y mediante el estudio y análisis de varios casos de fugas de gas natural en ductos (Ref.: (Mathurkar H.N., Gupta A)¹³, se llegó a la conclusión que el gas natural emitido puede desencadenar una serie de eventos, los cuales se describen con sus probabilidades en la siguiente figura.

¹³ Cross-country Pipeline Safety Assessment Mathurkar H.N., Gupta A, National Environmental Engineering Research Institute (NEERI), Nagpur, India

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Árbol de eventos derivados de una fuga de gas



Los sucesos analizados fueron:

Suceso 1: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 2.59E-04

Suceso 2: Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 4.86E-04

Suceso 3: Fuga de **GN** por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la **CS1, CS2, CS3 y CS4** con riesgo de incendio y/o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 6.53E-04

Suceso 4: Fuga de **GN** por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.

P_i calculada en el árbol de fallos es de 4.86E-04

Factores condicionantes de la evolución del suceso que se indican en la cabecera del esquema:

- **Ignición inmediata.** Representa la probabilidad de que se produzca la ignición en el momento de la fuga. Se considera que la probabilidad de que esto ocurra es de 0.3.
- **Ignición retardada.** La probabilidad de encendido retardado depende del punto final del cálculo. En el cálculo del riesgo específico del lugar solo se tienen en cuenta las fuentes de ignición en el lugar del establecimiento.

La probabilidad de ignición retardada esta dada por:

- **P_i ignición retardada = 1- P_i ignición directa**

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

El suceso complementario tiene una probabilidad de $1-0.3 = 0.7$.

- **Correcto funcionamiento de la Válvula de seccionamiento (MLV's).** Se refiere a la puesta de cierre, en caso de una caída súbita de presión (line break) en el ducto en un lapso; esta detección se realizará a través del Transmisor de Presión dedicado para esta función, el cual enviará una señal al Controlador de la MLV para energizar la válvula solenoide del Sistema de Emergencia de la MLV (módulo ESD) y llevarla a su posición Cerrada. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema de Control de Proceso.** Se refiere a las funciones de control y supervisión de toda la instrumentación de campo y equipos paquete involucrados con el sistema. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema de Paro de Emergencia.** La función principal del SPE es monitorear las variables relacionadas con las funciones de seguridad y en caso de presentarse alguna condición no segura, activar los elementos finales de control para mantener el área de compresión segura y salvaguardar la integridad del personal operativo y de las instalaciones. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto Funcionamiento del Sistema de Fuego y Gas.** Las Estaciones de Compresión contarán con un sistema de detección de fuego y gas, el cual estará localizado en el **CCP**; tendrá como función principal detectar oportunamente un conato de incendio o fuga de gases/vapores inflamables para alertar al personal y para ejecutar las funciones de seguridad necesarias para la protección de las personas y se minimicen los daños materiales y pérdidas económicas. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Correcto funcionamiento del Sistema SCADA.** Se refiere al correcto monitoreo satelital de los sistemas de control o salvaguardas. Se considera que la probabilidad de correcto funcionamiento es de 0.99.
- **Condiciones para generar una UVCE.** Representa la probabilidad de que el gas entre límites de inflamabilidad sea suficiente para dar lugar a una explosión no confinada. Se estima esta probabilidad en 0.1.

Sistemas de seguridad o salvaguardas principales para los componentes del STGN presentes en los sucesos del árbol de eventos

SUCESO	DESCIPCIÓN	SCADA	SCP	MLV'S	SPE	SFG
1	Fuga de GN por ruptura total o parcial del gasoducto de 48" Ø en alguno de los segmentos contenidos por las válvulas de seccionamiento MLV's dentro de la trayectoria de 800 kilómetros con riesgo de incendio y/o explosión.	X	X	X		
2	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula del patín de medición de 30" Ø proveniente del gasoducto Tarahumara o gasoducto de Samalayuca - Sásabe en las estaciones de Compresión CS1 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión		X		X	X

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

SUCESO	DESCIPCIÓN	SCADA	SCP	MLV'S	SPE	SFG
3	Fuga de GN por ruptura total o parcial por la tubería de 16" Ø que conecta hacia los compresores en las instalaciones superficiales de la CS1 , CS2 , CS3 y CS4 con riesgo de incendio y/o explosión		X		X	X
4	Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga de 24" Ø del cabezal de salida de alta presión de la CS4 con riesgo en la incendio o explosión.	X		X	X	X

Los resultados del análisis del árbol de sucesos se indican a continuación.

Suceso	evento	Frecuencia eventos/año
1	Jet Fire	7.77E-09
	Explosión	1.45E-09
2	Jet Fire	1.46E-10
	Explosión	2.72E-10
	Dispersión	5.29E-04
	Conato de incendio controlado	1.44E-07
3	Jet Fire	1.96E-10
	Explosión	3.66E-10
	Dispersión	7.11E-04
	Conato de incendio controlado	1.944E-07
4	Jet Fire	1.46E-10
	Explosión	2.72E-10
	Dispersión	5.29E-04
	Conato de incendio controlado	1.44E-07

Cabe señalar que en el análisis **HAZOP** a fin de estimar los máximos daños posibles, en identificación y jerarquización de riesgos, no se han considerado los controles y medidas de reducción de riesgos (salvaguardas, protecciones o barreras) para asignar los valores de frecuencia y consecuencia. En este sentido, haciendo un reposicionamiento de escenarios de riesgo donde se consideran las medidas preventivas de seguridad y mitigación de riesgos y los protocolos de respuesta a emergencias para la reducción de frecuencias se tienen los siguientes resultados.

Frecuencias utilizadas en el HAZOP y frecuencias calculadas con base en las salvaguardas establecidas

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Clasificación	Categoría	Descripción de la frecuencia de ocurrencia	Frecuencia/año	Tipo
F4	Poco Frecuente	Ocurre una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10	>0.1 a ≤ 0.2 ($>1 \times 10^{-1}$ a $\leq 2 \times 10^{-1}$)	Sin considerar las salvaguardas establecidas del STGN ($>1.0E-01$ a $\leq 2.0E-01$)
F1	Extremadamente Raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro	>0.0001 a ≤ 0.001 ($>1 \times 10^{-4}$ a $\leq 1 \times 10^{-3}$)	Considerando las salvaguardas del STGN. ($1.45E-09$ a $3.66E-10$)

Con base en lo anterior se estima el resgo inherente y el riesgo residual

Riesgo Inherente: Es propio del trabajo o proceso, que no puede ser eliminado del sistema, es decir, en todo trabajo o proceso se encontrarán Riesgos para las personas o para la ejecución de la actividad en sí misma. Es el Riesgo intrínseco de cada actividad, sin tener en cuenta los controles y medidas de reducción de Riesgos. El riesgo inherente es el valor obtenido del análisis del árbol de fallas, considerando las probabilidades de las tasas de falla que se presentan.

Riesgo Residual: Es el Riesgo remanente después del tratamiento de Riesgo, es decir, una vez que se han implementado controles y medidas de reducción de Riesgos para mitigar el Riesgo Inherente; el Riesgo Residual puede contener Riesgos no identificados, también puede ser conocido como Riesgo retenido. El riesgo residual es el valor obtenido del análisis del árbol de sucesos a partir del valor del riesgo inherente considerando las medidas de reducción y mitigación de riesgos.

A continuación de se presentan el reposicionamiento de los escenarios de riesgo identificados dentro del **HAZOP** para el STGN Sierra Madre (Frontera – Puerto Libertad).

Con base en los resultados del reposicionamiento de los escenarios de riesgo se tiene con los sistemas de seguridad establecidos para el proyecto **STGN los escenarios de riesgo que posiblemente se esperarían se encuentran en la región de riesgo tolerable.**

ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”

Sobreposición de los escenarios de riesgo

Escenario	Desviación	Descripción	Sin medidas de reducción y mitigación de riesgos				Con medidas de reducción y mitigación de riesgos			
			Nivel de riesgos	Frecuencia	Consecuencia	Riesgo inherente	Nivel de riesgos	Frecuencia	Consecuencia	Riesgo residual
ESC_1	Menos Flujo Menos presión Sin seguridad y vigilancia (golpe externo o sabotaje) Más corrosión	Ruptura parcial o total del ducto en algunos de los segmentos del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad. Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión	16 B	4	4	2.59E-04	4 D	1	4	2.23E-09
ESC_2	Más flujo	Aumento de presión en la válvula del patín de medición de la CS1 y CS4. Fuga de gas natural en válvula de patín de filtración con riesgo de incendio o explosión		4	4	4.86E-04		1	4	4.18E-10
ESC_3	Menos presión Menos Flujo Más Corrosión	Ruptura parcial o total de ducto que conduce al patín de filtración o hasta el sistema de medición, compresión o regulación en CS o EMRyC. Fuga de GN con riesgo de incendio o explosión		4	4	6.53E-04		1	4	5.62E-10
ESC_4	Más Presión	Aumento de presión en la válvula de descarga del cabezal salida de alta presión de la CS4. Fuga de GN por desacoplamiento de la válvula de descarga del cabezal de salida de alta presión con riesgo de incendio o explosión.		4	4	4.86E-04		1	4	4.18E-10

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

Para garantizar la tención adecuada de la reducción y mitigación de los riesgos que probablemente puedan presentarse en el desarrollo del Proyecto se cuentan con las siguientes medidas:

- Sistema de comunicación SCADA alerta la falta de flujo de gas natural al sistema de transporte.
- Línea de by-pass, 16"-GN para venteo en caso de emergencia.
- Botonera de selección local/remoto (HI-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Indicador de posición cerrado (ZIC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Indicador de posición abierto (ZIO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Señal de cierre de válvula (HSC-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Señal de apertura de válvula (HSO-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Prueba de carrera parcial (HSP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Indicador de prueba de carrera parcial (Falla/Exitosa) (ZIP-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Transmisor indicador de presión (PIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Transmisor indicador de temperatura (TIT-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Manómetro del by-pass (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Manómetro del sistema de nitrógeno (PG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522)
- Juntas aislantes para protección del SPC (IG-60100, 60205, 60310, 60417, 60522).
- Se cuenta con patín de válvulas de control de flujo en estaciones de compresión CS1 y CS4 para controlar la cantidad de flujo de gas al sistema. El patín consiste en un arreglo 2+1 con operación bidireccional con el gasoducto Tarahumara y el gasoducto Carso. Así como con tres bloques de compresión para mantener la presión a lo largo de todo el trayecto del sistema de transporte de GN Frontera – Puerto Libertad.
- Las estaciones de compresión cuentan con válvulas de seccionamiento en by pass, por lo que en caso de alguna falla en los paquetes de compresión se haría pasar directamente el gas natural hacia el resto del sistema de transporte.
- Sistema de Control de Procesos (SCP).
- Sistema de Paro por Emergencia (SPE)
- Sistema de Fuego y Gas (SFG)
- Sistema de Detección de Fugas (SDF)
- Sistema SCADA.
- Ciberseguridad conforme a la Norma ISA/IEC 62443.
- Programa anual de mantenimiento en el que se incluyen las actividades específicas a desarrollar.
- Capacitación al personal involucrado en la operación y mantenimiento.
- Se consideran los manuales, instrucciones y recomendaciones del fabricante para la realización de mantenimientos.
- Procedimiento de certificación de materiales.
- Integridad mecánica y protección catódica.
- Especificaciones del Sistema de Protección Catódica (SPC) del gasoducto SM-000-WOR-EL-SPC-00001-S_00.pdf.
- Especificaciones del Sistema anticorrosivo instalaciones aéreas y enterradas SM-000-WOR-PI-SPC-00002-S_00.pdf.
- Válvulas de seguridad (PSV).

**ESTUDIO DE RIESGO
PROYECTO “STGN SIERRA MADRE (FRONTERA-PUERTO LIBERTAD)”**

- Sistema de Control de Proceso (SCP).
- Sistema de Paro de Emergencia (SPE)
- Sistema de detección de Fugas (SDF).
- Sistema de Fuego y Gas (SFG).
- Transmisor indicador de presión (PIT)
- Transmisor indicador de temperatura (TIT)
- Válvula de Corte de Suministro (ESDV)
- Válvula Reguladora de Flujo (FCV)
- Válvulas Electrohidráulicas (SDV).
- Transmisor indicador de presión (PIT)
- Transmisor indicador de temperatura (TIT)
- Contador de Flujo (FQI).
- Válvula Reguladora de Flujo (FCV)
- Válvula de Corte de Suministro (ESDV)

IX. RESUMEN EJECUTIVO

El resumen ejecutivo se encuentra en el **Anexo_ER_18_RESUMEN EJECUTIVO**.