



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
“ZARAGOZA”**

INGENIERÍA QUÍMICA

**“ANÁLISIS DE LA OPERABILIDAD DEL SISTEMA
NACIONAL DE TRANSPORTE POR DUCTO DE GAS
NATURAL CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA
DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE
DATOS (SCADA)”.**

**T E S I S
PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO QUÍMICO
P R E S E N T A:
MONROY TREJO MONSERRAT ROCÍO
RAMÍREZ GALICIA RAFAEL**



**ASESOR DE TESIS:
I.Q. DELFINO GALICIA RAMÍREZ**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR
PRESENTE.

Comunico a usted que al alumno(a) Monroy Trejo Montserrat Rocío con número de cuenta 30105183-9 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 22 del mes de noviembre de 2013 a las 16:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	I.Q. EDUARDO VÁZQUEZ ZAMORA
VOCAL	I.Q. DELFINO GALICIA RAMÍREZ
SECRETARIO	I.Q. RENÉ DE LA MORA MEDINA
SUPLENTE	I.Q. SALVADOR JACINTO GALLEGOS RAMALES
SUPLENTE	I.Q. JUAN ÁNGEL LUGO MALDONADO

El título de la tesis que se presenta es: **Análisis de la operabilidad del Sistema Nacional de Transporte por Ducto de gas natural con la implementación del Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA).**

Opción de Titulación: Tesis profesional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 8 de noviembre de 2013.

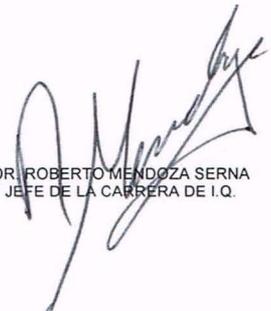

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA
DIRECCION

RECIBI:

OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

Vo.Bo.


DR. ROBERTO MENDOZA SERNA
JEFE DE LA CARRERA DE I.Q.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

**JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR
PRESENTE.**

Comunico a usted que al alumno(a) Ramírez Galicia Rafael con número de cuenta 30016958-8 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 22 del mes de noviembre de 2013 a las 18:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

- | | |
|------------|--|
| PRESIDENTE | I.Q. EDUARDO VÁZQUEZ ZAMORA |
| VOCAL | I.Q. DELFINO GALICIA RAMÍREZ |
| SECRETARIO | I.Q. RENÉ DE LA MORA MEDINA |
| SUPLENTE | I.Q. SALVADOR JACINTO GALLEGOS RAMALES |
| SUPLENTE | I.Q. JUAN ÁNGEL LUGO MALDONADO |

El título de la tesis que se presenta es: **Análisis de la operabilidad del Sistema Nacional de Transporte por Ducto de gas natural con la implementación del Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA).**

Opción de Titulación: Tesis profesional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 8 de noviembre de 2013.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ
DIRECTOR

RECIBÍ:
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES
Y DE GRADO

Vo.Bo.

DR. ROBERTO MENDOZA SERNA
JEFE DE LA CARRERA DE I.Q.

CONTENIDO

I. OBJETIVO GENERAL	1
I.I Objetivos particulares	2
I.III Alcance	3
1 INTRODUCCIÓN	4
1.1 Infraestructura y Visión de PEMEX con el Gas Natural.....	4
1.2 Resumen.....	5
2 ANTECEDENTES	7
2.1 Demanda del Gas Natural.....	7
2.2 Síntesis de los sistemas de Automatización y Control.....	8
2.3 Importancia del Análisis de Operabilidad.....	9
3 SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL	10
3.1 La Red Nacional de Distribución de Hidrocarburos (RNDH).....	10
3.2 Descripción del Sistema ducto 48” - 42” de diámetro Cactus - Los Ramones.....	11
3.3 Sectores y segmentos del ducto 48” - 42” de diámetro Cactus - Los Ramones.....	14
3.4 Características principales de la estaciones de compresión.....	18
3.4.1 Estación de Compresión Cárdenas.....	18
3.4.2 Estación de Compresión Chinameca.....	18
3.4.3 Estación de Compresión Lerdo.....	19
4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SCADA	20
4.1 El Controlador Lógico Programable (PLC).....	20
4.2 Sistema de Control Distribuido (SDC).....	21
4.3 Definición del sistema Supervisorio y Adquisición de datos SCADA.....	21
4.4 Arquitectura Típica de un Sistema SCADA NRF-130-Pemex-2013.....	22
4.5 Componentes del sistema SCADA.....	24
4.5.1 Instrumentación de campo.....	25
4.5.2 Unidad Terminal Remota (RTU).....	26
4.5.3 Red de comunicación.....	28
4.6 Protocolos de comunicación.....	30
4.7 Estación de Monitoreo Central (CMS).....	30
4.8 Características funcionales del SCADA.....	32
4.9 Desplegados.....	33
4.10 Telecomunicaciones.....	35

4.11	Jerarquía de la red.....	36
5	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL.....	38
5.1	SCADA Específico de PGPB.....	38
5.2	Automatización.....	39
5.3	Descripción de tipos de estaciones.....	39
5.4	Válvulas de Seccionamiento.....	41
5.5	Estaciones de Medición.....	41
5.6	Estaciones de Compresión.....	42
5.7	Modos de Operación.....	42
5.7.1	Control Remoto.....	42
5.7.2	Control Automático Local.....	43
5.7.3	Control Manual Local.....	43
5.8	Filosofías de Control y Operación.....	43
5.8.1	Tipo 1 - Válvulas con Control Local.....	43
5.8.2	Tipo 2 - Válvulas de Seccionamiento.....	43
5.8.3	Tipo 3 – Estaciones y Terminales de Medición sin Análisis de Calidad de Gas.....	44
5.8.4	Tipo 4 Estaciones y Terminales de Medición con análisis de Calidad de Gas.....	44
5.8.5	Tipo 5 – Estaciones de Medición y Estaciones de Compresión con telemetría.....	44
5.8.6	Tipo 6 – Estaciones de Compresión con automatización Total.....	45
5.8.7	Tipo 7 – Estaciones de Medición de gas para C.F.E.....	45
6	ANÁLISIS DE LA OPERABILIDAD DEL SISTEMA MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE MODO FALLA Y EFECTO (FMEA).....	46
6.1	Identificación de la Metodología.....	46
6.2	Selección de la metodología.....	47
6.3	Metodologías de análisis de Riesgo.....	47
6.3.1	Listas de verificación.....	48
6.3.2	¿Qué pasa sí?.....	48
6.3.3	Combinación Lista de Verificación y ¿Qué pasa sí?.....	48
6.3.4	Análisis de Árboles de Eventos (AAE).....	48
6.3.5	Análisis de Árboles de Fallas (AAF).....	48
6.3.6	Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP).....	49
6.3.7	Análisis de Consecuencias (AC).....	49
6.3.8	Análisis de FMEA.....	49
6.4	Metodología de análisis de modo falla y efecto.....	52
6.4.1	Requisitos para la aplicación de la metodología FMEA.....	52
6.4.2	Determinación de modos de falla.....	54
6.4.3	Causas de modos de falla.....	55

6.4.4	Efectos y consecuencias de la falla.....	55
6.4.5	Documentación.....	57
7	DESARROLLO DEL FMEA PARA LA DETERMINACIÓN DE MODOS DE FALLA PARA ANÁLISIS OPERATIVO.....	59
7.1	Selección del Sistema o subsistemas.....	59
7.2	Componente del equipo a Analizar.....	60
7.2.1	Válvula de Seccionamiento (VS-2).....	61
7.2.2	Trampa de Envío de Diablos(TED-1).	70
7.2.3	Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2).	74
7.2.4	Trampa Doble de diablos (TDD-2).....	83
7.2.5	Estación de Medición y Regularización sin análisis de calidad (EM-3).	92
7.2.6	Estación de Medición y Regularización con análisis de calidad(EM-4).....	104
7.2.7	Estación de Compresión (EC-5).....	117
7.2.8	Unidad de Potencia Hidráulica (HPU).	139
7.2.9	Controlador Lógico Programable (PLC).....	143
7.3	Análisis de resultados.....	147
7.4	Evaluación de la Confiabilidad Operativa.	151
7.5	Mitigación de Riesgos.	152
7.6	Proceso de jerarquización de los Modos de Falla.....	152
7.7	Normatividad aplicada para análisis de Operabilidad.....	153
	Conclusiones.....	154
	BIBLIOGRAFÍA.....	156
	ANEXO A.....	158
	Glosario de Términos.....	159

Índice de Figuras.

Figura 3.1 SISTEMA NACIONAL DE GAS NATURAL	10
Figura 3.2 Gasoductos y distribución de las estaciones de compresión de gas natural a 2011.	11
Figura 3.3 Red de producción, distribución y transporte del Gasoducto Cactus – Los Ramones.	13
Figura 4.1 Cobertura del SCADA en el Sistema Nacional de Gasoductos.....	22
Figura 4.2 Componentes del sistema SCADA.....	23
Figura 4.3 Arquitectura Básica para el sistema SCADA de la red de Ductos	24
Figura 4.4 Instrumentación en Campo	25
Figura 4.5 Instrumentación y elementos en campo.....	26
Figura 4.6 Sistema SCADA y Controlador PLC y RTU	28
Figura 4.7 Tipos de comunicación en el SCADA	29
Figura 4.8 Esquema de conexión de equipos e interfaces de comunicación.....	30
Figura 4.9 Centro de control de contingencias.....	31
Figura 4.10 Desplegados típicos del sistema SACADA (general, proceso y tendencias)	34
Figura 4.11 Inyección de Cactus y Nuevo México.	34
Figura 4.12 Grafico de Tendencia.	35
Figura 6.1 Diagrama de Bloques de la metodología de FMEA.....	51
Figura 6.2 Diagrama de Bloques para análisis cualitativo.	56
Figura 7.1 Diagrama de Bloque Válvula de Seccionamiento (VS-2).....	61
Figura 7.2 Esquema Típico de una Válvula de Seccionamiento.....	61
Figura 7.3 Diagrama de Bloque de Trampa de Envío de Diablos (TED-1).....	70
Figura 7.4 Esquema Típico Trampa de Diablos de Envío (TED-1).....	70
Figura 7.5 Diagrama de Bloque Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2).....	74
Figura 7.6 Esquema Típico Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2).....	74
Figura 7.7 Diagrama de Bloque Trampa Doble de Diablos (TDD-2).....	83
Figura 7.8 Esquema Típico Trampa Doble de Diablo (TDD-2).....	83
Figura 7.9 Diagrama de Bloques de la Estación de Medición y Regulación (EM-3).....	92
Figura 7.10 Esquema Típico Estación de Medición y Regulación.....	92
Figura 7.11 Diagrama de Bloque Estación de Medición (EM-4).....	104
Figura 7.12 Esquema Típico Estación de Medición (EM-4).....	104
Figura 7.13 Diagrama de Bloques de la Estación de Compresión (EC-5).	117
Figura 7.14 Diagrama Típico de la Estación de Compresión (EC-5).....	118
Figura 7.15 Diagrama de Bloque Unidad de Unidad de Potencia Hidráulica.	139
Figura 7.16 Diagrama de Bloque Unidad de Controlador Lógico Programable (PLC).	143
Figura 7.17 Confiabilidad operativa.....	151

Índice de tablas

Tabla 3.1 Gasoducto Cactus-Los Ramones.....	15
Tabla 6.1 Típico de las metodologías de acuerdo a la etapa de vida del proyecto.	46
Tabla 6.2 Ejemplo de modos de falla generales	54
Tabla 6.3 Formato de análisis FMEA.	58
Tabla 7.1 FMEA VS-2	62
Tabla 7.2 FMEA TED-1	71
Tabla 7.3 FMEA TRD-2.....	75
Tabla 7.4 FMEA TDD-2.....	84
Tabla 7.5 FMEA EM-3.....	93
Tabla 7.6 FMEA EM-4.....	105
Tabla 7.7 FMEA HPU.....	140
Tabla 7.8 FMEA PLC	144



I. OBJETIVO GENERAL.

Aplicar una metodología de Análisis operativa con el propósito de identificar modos de fallas en el Sistema Nacional de Transporte de Gas Natural con la Implementación del Sistema de Control SCADA. Se considerara la metodología denominada Análisis de Modo de Falla y Efecto (FMEA), ya que permitirá identificar fallas y determinar sus componentes críticos en los elementos del sistema y sus instalaciones, así como identificar acciones predictivas y preventivas tales como procedimientos para responder a acciones requeridas por el operador de SCADA y/o las operaciones de campo durante la operación normal, anormal y de emergencia para mantener un funcionamiento operativo seguro. La falla en el Sistema de transporte puede ser identificada de forma preventiva al monitorear las condiciones operativas y de seguridad por medio del sistema SCADA.

El análisis se efectuara al ducto de 48" - 42" de diámetro Cactus - Los Ramones. Dado que este sistema es el principal distribuidor de gas natural a lo largo de la República Mexicana.



I.I Objetivos particulares.

Explicar en qué consiste el Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA), sus funciones como controlar y monitorear el transporte de gas en ductos, mediante un sistema automatizado en tiempo real, con el fin de que apoyé a un incremento en la seguridad y la operabilidad, para asegurar el abastecimiento de gas natural, y asimismo contar con una herramienta común que garantice la culminación exitosa del proceso. Mediante la detección de fallas se evitaban las condiciones de riesgo, obteniendo un mayor control y mitigación en accidentes.



I.II Alcance.

Evaluar el sistema de transporte por ducto de gas natural, de 48" - 42" de diámetro Cactus - Los Ramones, por medio de la metodología de FMEA (Análisis de Modo, Falla y Efecto), dado el crecimiento y la demanda de este para saber la funcionalidad operativa con la implementación de sistema supervisorio y adquisición de datos (SCADA). El ducto está conformado por sub-sistemas que lo constituyen, componentes como son las trampas de diablos, válvulas de seccionamiento, estaciones de compresión, estaciones de regulación y medición.

Al utilizar diagramas de bloques proporciona un panorama general y los esquemas típicos del instrumento facilitaran para particularizarlo. Al analizar los modos de falla de cada componente, dará como resultado la identificación de los puntos o áreas críticas.

El FMEA es un método de análisis que permitirá definir eventos de fallas, modelar el comportamiento histórico de fallas, estimar la funcionalidad operativa e indicar el tipo y clases de falla potenciales que pueden presentarse en los componentes del sistema y dará un nivel de funcionalidad operativa dado que crece a alta velocidad y por lo tanto crecen en complejidad y existen mayores exigencias a la eficiencia del ciclo de vida.



1 INTRODUCCIÓN.

Una de las principales actividades en el manejo de la producción de hidrocarburos en Petróleos Mexicanos (PEMEX) es su transporte, mediante ductos para su recepción, venta y distribución. Durante esta actividad existen riesgos inherentes en su manejo operativo de transporte por salidas no programadas y por pérdidas de producto ocasionadas por fugas y rupturas en el ducto de transporte provocadas por: fallas mecánicas, por corrosión, por operación inadecuada y por extracciones ilícitas (tomas clandestinas), daños por terceros, entre otras causas. Por estas razones se requiere implementar herramientas de tecnología de punta para monitoreo y supervisión de la infraestructura del transporte por ductos e instalaciones en tiempo real, para la prevención de riesgos a la infraestructura, equipos, y entorno ecológico, mediante la oportuna detección y localización de problemas operativos y de eventos como fugas en los ductos de transporte por pérdida de contención y prevenir riesgos potenciales y daños a la población, mejorando sustancialmente la imagen pública de PEMEX.¹

1.1 Infraestructura y Visión de PEMEX con el Gas Natural.

Actualmente las necesidades de energía han incrementado la demanda de requerimiento de combustible y uno de ellos el Gas Natural, para abastecer estos requerimientos hacia diferentes usuarios principalmente la industria de energía eléctrica y de transformación industrial. La industria de gas natural tiene necesidad de ser eficiente, para hacer llegar este combustible por ducto por cual se requiere que su operación sea eficiente y segura, sin problemas de interrupción de suministro.

Dentro de los aspectos más relevantes en 2011, destaca el crecimiento de la demanda de gas natural, principalmente para la generación de electricidad. Buena parte del incremento en la demanda se abasteció con mayores importaciones. Por otro lado, los precios de gas al usuario final disminuyeron, debido a que algunos distribuidores dejaron de adquirir coberturas para aprovechar el entorno favorable de los índices de referencia internacionales.²

La situación actual y las perspectivas del mercado de gas natural, tanto nacional como internacional, contemplan una alta disponibilidad de este hidrocarburo y precios bajos del energético en Norteamérica. Este entorno ha motivado una serie de acciones y proyectos que buscan aprovechar, tanto en el mediano como en el largo plazo, las ventajas de una mayor utilización del gas natural en nuestro país.

La SENER, en conjunto con Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE), ha propuesto una estrategia integral para el desarrollo de la infraestructura de transporte y distribución del gas natural. El objetivo es llevar gas natural a un mayor número de regiones y reforzar la infraestructura existente. Lo anterior permitirá dar flexibilidad operativa al sistema de transporte de gas natural y seguridad en la prestación del servicio, para beneficio de todos los usuarios.

Los ejes de la estrategia para desarrollar el mercado de gas natural en México incluyen un nuevo arreglo institucional, el incremento tanto en la infraestructura de transporte como en la de distribución

¹ NRF-130-2013-PEMEX

² PROSPECTIVA DEL MERCADO DE GAS NATURAL_PGN_2012_2026



y el desarrollo de mercados potenciales (gas por ruedas o barco). Además, la CRE y PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) analizan proyectos de servicios de almacenamiento.

Respecto al nuevo arreglo institucional, se está discutiendo un proyecto de nuevo Reglamento de Gas Natural en el que se propone separar a PGPB de forma gradual, en suministrador, transportista, y Gestor Independiente. La función del Gestor Independiente es optimizar el uso de la infraestructura de los sistemas de transporte interconectados al Sistema de Transporte Nacional Integrado, no controlado por los transportistas (entidad filial de PEMEX y separada de PGPB).

Asimismo, se busca establecer limitantes a la integración vertical entre el transporte y la comercialización del gas natural. Para ello, PEMEX dejará de distribuir el gas natural mediante la desincorporación de ramales y se licitarán nuevas zonas de distribución.

Con el nuevo arreglo institucional, se busca fomentar una mayor competencia en el transporte y la comercialización de gas natural, que permita la generación de un nuevo mercado de comercializadores particulares. Con ello, se detonará un incremento sin precedentes en infraestructura e inversión. Asimismo, con la estrategia integral de infraestructura se busca desarrollar mercados potenciales, mediante el transporte de gas natural por ruedas y por barco. Con ello, se atenderán mercados que cuentan con poca demanda energética o que se encuentran alejados de la infraestructura de ductos.

Lo que pondrá en competencia y exigirá que el transporte por ducto del principal aportador que es PEMEX sea más exigente en su operación de forma confiable y segura.

1.2 Resumen.

El trabajo consta de 7 capítulos.

En la Introducción describe los riesgos inherentes a través del transporte para su recepción, venta y distribución y las herramientas a implementar de tecnología de punta para monitoreo y supervisión de la infraestructura y así asegurar su operación de forma confiable y segura.

La SENER, en conjunto con Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE), ha propuesto una estrategia integral para el desarrollo de la infraestructura de transporte y distribución del gas natural. El objetivo es llevar gas natural a un mayor número de regiones y reforzar la infraestructura existente.

En antecedentes se describe la producción de gas natural, el consumo y la prospectiva de la demanda de gas natural a nivel nacional, que mediante las mejoras tecnológicas ha permitido incrementar las reservas de gas natural y como consecuencia disminuyen los precios de gas, mencionan los países importadores más importantes. Por todo lo anterior mencionado PEMEX requiere de mantenimientos integrales para asegurar el bienestar del proceso-negocio ambiental, para ello ha incrementado la automatización en ductos de transporte la implementación de sistemas como es el SCADA para el monitoreo en tiempo real y su red de comunicación por Vía Satelital, UHF, Radio Frecuencia, Fibra Óptica entre otras combinadas.

Mediante la necesidad de crear manteniendo predictivo es necesario contar con estudios para identificar riesgos operativos y la confiabilidad en sus operaciones, lo conveniente de aplicar



metodologías que permitan la posibilidad de detectar errores y fallas para contribuir a acontecimientos peligrosos y ser reducidos significativamente.

En el capítulo 3 contiene La Red Nacional de Distribución de Hidrocarburos (RNDH) y de que está compuesta, la descripción del sistema a analizar que es el ducto 48" - 42" de diámetro Cactus - Los Ramones así como las condiciones de operación, el kilometraje, el cómo está conformado como son los sectores. Los componentes que lo conforman, las características principales que lo conforman las estaciones de compresión.

En el capítulo 4 contiene la descripción del sistema SCADA, que es, que lo conforman y que es lo que hace, así como la ayuda para la interfase hombre-máquina que son las pantallas, desplegados que muestran cada estación y los elementos de monitoreo y control así como las condiciones o cualquier alarma que se pueda accionar para tomar un control y actuar rápidamente. Así como la importancia que tiene el sistema de telecomunicaciones y el SCADA que hace cuando pierde comunicación con el enlace con un transmisor.

En el capítulo 5 describe como esta implementada el sistema SCADA en el sistema de transporte de gas natural así como sus características específicas del SCADA de PGPB, describe los tipos de estaciones que lo conforman y el desglose de los componentes tipo a los que se le aplicara el análisis, y su automatización, menciona los diferentes tipos de control, la filosofía de operación y que tipo de control es aplicada para cada componente tipo.

En el capítulo 6 describe las diferentes metodologías de análisis de riesgos, en como seleccionar la adecuada de acuerdo a la etapa de vida de proyecto. Se explica que es el análisis de modos falla y efectos, los requisitos para la aplicación, para el desarrollo del análisis define las causas de modos, efectos y consecuencias y da el formato de análisis FMEA.

En el capítulo 7. Consiste en el desarrollo del análisis del FMEA aplicado a la red de gas natural con la implementación del sistema SCADA punto por punto, así como las tablas del FMEA.



2 ANTECEDENTES.

Debido a algunas de sus características, como mayor eficiencia y mayor limpieza, el gas natural ha emergido como el combustible de dicha transición. Además, durante los últimos años, el mercado de gas natural en Norteamérica ha experimentado un auténtico cambio de rumbo, causado por el desarrollo y aprovechamiento de las reservas del gas no convencional. Las mejoras en las tecnologías de extracción de este recurso han permitido incrementar tanto las reservas como la producción de gas natural en Estados Unidos. Esto, a su vez, ha impactado de manera significativa los precios del gas en la región. De 2008 a la fecha³ los precios del gas en Norteamérica cayeron cerca de 70%.

2.1 Demanda del Gas Natural.

En virtud de lo anterior, se estima que la producción nacional de gas natural aumente 4.5% promedio anual durante los próximos 15 años, mientras que la demanda crecerá 3.8% promedio anual. Por lo tanto, para satisfacer la creciente demanda por este combustible, se requerirá que las importaciones crezcan a una tasa promedio anual de 4.9%, lo que necesariamente implica la ampliación de la infraestructura de transporte y distribución, que incremente la cobertura de este energético a más estados, más municipios y más sectores de la población. Con esto en mente, en noviembre de 2011, se anunció la nueva estrategia de cambio estructural del mercado de gas natural en México – la más ambiciosa en la historia del país – que promueve la ampliación y modernización de la infraestructura de transporte de dicho energético, además de un acelerado crecimiento de la red de distribución. En los próximos 4 años, la red de transporte crecerá en más de 40%, aumentando las oportunidades de inversión y se reflejará la creación de nuevos empleos, impulsando el desarrollo.

El comercio mundial de gas natural creció 4.0% durante 2011, con un intercambio de 99,213 MMPCD. Rusia fue el principal exportador en 2011, con un volumen de 21,424 MMPCD, del cual 93.5% correspondió a gas natural por ductos. En el caso del gas natural licuado (GNL), Qatar fue el principal exportador en 2011, con 9,927 MMPCD.

Japón y Estados Unidos fueron los dos importadores más importantes, con 10,348 MMPCD y 9,491 MMPCD, respectivamente. La mayor parte de las importaciones del primero correspondieron a inyecciones por ducto (8,522 MMPCD), mientras que la totalidad de las importaciones de Japón fueron de GNL.

En 2026, se estima que la producción de gas natural de PEMEX Exploración y Producción (PEP) ascenderá a 8,958 MMPCD en el escenario Inercial. La producción de gas asociado tendrá una participación de 53.8% y 46.2% la de no asociado. Los proyectos principales serán la Exploración (sin Aguas Profundas y Burgos), con 2,752 MMPCD y Burgos, con 2,213 MMPCD. Asimismo, se prevé una extracción de 1,343 MMPCD de shale gas proveniente del play Eagle Ford. Por su parte, la oferta de gas seco de PGPB crecerá en promedio 2.6% entre 2011 y 2026, con 7,061 MMPCD al final del periodo. La oferta de los CPG representará 87.3%, el gas directo de campos 10.3% y el etano reinyectado⁴ 2.4%. En lo que respecta a las importaciones, se espera un crecimiento promedio anual

³ CIFRAS AL 3 DE SEPTIEMBRE DE 2012.

⁴ SE REFIERE AL ETANO QUE ES OBTENIDO DEL FRACCIONAMIENTO DE LAS CORRIENTES ALIMENTADAS A LAS PLANTAS DE PGPB Y QUE SE INYECTA A LOS DUCTOS.



de 5.3% de 2011 a 2026. En este último año, éstas totalizarán 3,816 MMPCD y representarán 28.9% de la oferta total.

En lo que respecta a la demanda nacional de gas natural, se estima un crecimiento promedio de 3.5% anual, pasando de 7,923 MMPCD en 2011 a 13,207 en 2026. En 2026 el sector eléctrico consumirá 46.3% del total, lo que lo convertirá en el principal demandante. El sector petrolero⁵, que actualmente es el principal consumidor, demandará 36.1% en 2026. Finalmente, es importante mencionar que la proyección de la demanda considera la evolución esperada de la actividad económica y del precio del combustible, además del desarrollo de la infraestructura de transporte y comercialización de gas natural.

2.2 Síntesis de los sistemas de Automatización y Control.

Pemex Gas y Petroquímica Básica, en sus sistemas de transporte por ducto, se ha adaptado exitosamente al nuevo entorno de mercado, incrementando su rentabilidad, volumen transportado y seguridad. Para lograrlo, ha introducido tecnologías de punta como el Sistema de Control y Adquisición de Datos denominada por sus siglas en inglés SCADA, Sistemas de Administración de Integridad y Riesgo de Ductos y Uptime®; ha construido nuevas estaciones de compresión; ha fortalecido los mantenimientos integrales, y ha realizado alianzas estratégicas con empresas privadas.

La automatización en ductos de transporte como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un sistema de control básico, abarca la instrumentación industrial, que incluyen sensores y transmisores de campo, sistemas de control y supervisión, sistema de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales. Además de una amplia y complicada red de comunicación por Vía Satelital, UHF, Radio Frecuencia, Fibra Óptica entre otras combinadas.

El uso de equipos de medición facilitan la obtención de datos, pero su principal desventaja es que su capacidad de lectura se reduce a pocos parámetros, razón por la que el hombre con ayuda de la ciencia y tecnología ha desarrollado equipos que permiten obtener una innumerable gama de datos.

Este hecho unido a la utilización de programas de control y adquisición de datos (SCADA) ha permitido llevar a ejecución grandes y eficaces sistemas de uso racional y ahorro de energía en sistemas de procesos que se encuentran distribuidos en amplias zonas geográficas.

Las nuevas tecnologías concebidas especialmente para tareas de automatización y control, han conducido a la optimización y mejoramiento en los sistemas de monitoreo de energía, a través de redes industriales. También han beneficiado a los grandes cambios en el sector eléctrico especialmente en el control, supervisión y adquisición de datos que nos ayuda a realizar un estudio más versátil de procesos industriales.

Los Sistemas de Control y Adquisición de Datos (SCADA), en la actualidad constituyen la herramienta tecnológica más utilizada en las grandes industrias a nivel mundial, para llevar información en tiempo real del estado y funcionamiento de equipos y/o sistemas instalados en la planta y así optimizar las respuestas del proceso.

⁵ INCLUYE EL GAS PARA RECIRCULACIONES.



Los sistemas SCADA son comúnmente usados por compañías que transportan productos por ducto (gaseoductos, oleoductos, acueductos etc.) y energía eléctrica. Otras aplicaciones incluyen compañías de agua, tratamiento de agua, transportación, y otros sistemas industriales que requieren adquisición de datos y control remoto.

El objetivo del sistema SCADA es optimizar la operación de los ductos y proporcionar un incremento de seguridad y vigilancia en la operación de los mismos de tal manera que se puedan tomar acciones rápidamente a los cambios en la operación de los ductos cuando sea necesario, por medio de la automatización de componentes importantes o medios para proveer información en tiempo real de su operación.

2.3 Importancia del Análisis de Operabilidad.

Un análisis de operabilidad debe interpretarse como un análisis operativo, que no es más que una técnica de identificación de riesgos, basado en inicio de que los riesgos, los accidentes o los problemas de operabilidad, se producen como consecuencia de una desviación de las variables de proceso con respecto a los parámetros normales de operación en un sistema dado y en una etapa determinada. Actualmente los análisis de riesgo en general son una de las herramientas más utilizadas internacionalmente en la identificación de riesgos en una instalación industrial.

En una determinada instalación de proceso, considerada como el área objeto de estudio, se define para mayor comodidad una serie de subsistemas o líneas de proceso que corresponden a entidades funcionales propias.

Los Análisis de Riesgos de Proceso (PHA) comprenden un grupo de actividades que incluye un proceso técnico para identificar peligros, así como evaluar, proponer y recomendar alternativas viables para eliminación, disminución o control del riesgo asociado con un proceso o actividad, con la finalidad de identificar fallas y riesgos con efectos potenciales en el individuo o poblaciones, propiedades o al medio ambiente.⁶

Es importante contar con estudios para identificar riesgos operativos en instalaciones y puntos críticos de la red de ductos bajo el esquema del sistema SCADA, cuyas probabilidades de falla se incrementan durante la puesta en operación y durante la operación normal por lo que conveniente aplicar metodologías que permitan la posibilidad de detectar errores y fallas, que pudieran causar o contribuir a acontecimientos peligrosos los cuales deben ser reducidos significativamente.

Por lo que es necesario contar con la implementación de análisis operativos en los sistemas de transporte para determinar y evaluar la confiabilidad y acciones para mantener al sistema en forma funcional durante su operación.

⁶ CONGRESO NACIONAL DE DUCTOS.



3 SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL.

El transporte de gas natural por ductos es la actividad de recibir, conducir y entregar gas de las plantas de procesamiento localizadas en diferentes partes de la República (Ciudad Pemex, Cactus, Matapionche, Poza Rica, Reynosa, entre otras), a las compañías de distribución, a los grandes consumidores y al sector eléctrico. Los gasoductos de transporte que son de tubería de acero de grandes diámetros.

La tendencia mundial es regular los sistemas de transporte de gas natural para evitar un poder monopólico que dañe a los usuarios del servicio. En México, el servicio de transporte de gas está regulado por permisos otorgados por la CRE.

3.1 La Red Nacional de Distribución de Hidrocarburos (RNDH).

La Red Nacional de Distribución de Hidrocarburos (RNDH) que está constituida por gasoductos; LPG Ductos, Oleoductos, Transporte de Petroquímicos y Poliductos, Estaciones de Compresión (EC), Estaciones de Bombeo(EB), Estaciones de Regulación y Medición (ERM), Válvulas de Seccionamiento (VS), Trampas de Diablo (TD), instalaciones asociadas a Plataformas Marinas (PM), baterías de Separación (B), Terminales de Almacenamiento y Distribución (TAD), Terminales Marítimas (TM), Refinerías (REF) y Complejos Petroquímicos (CPQ). La RNDH permite y garantiza el abasto a los centros de refinación para que estos a su vez entreguen los productos refinados a la distribución y comercialización. Se realizara el análisis al ducto de 48" - 42" de diámetro Cactus - Los Ramones.



Figura 3.1 SISTEMA NACIONAL DE GAS NATURAL⁷

7 INFORMACIÓN OTORGADA POR IMP.



El transporte de gas natural a través del territorio nacional se efectúa por medio de un sistema integrado por gasoductos de diferentes diámetros y longitudes, trampas de diablos, válvulas de seccionamiento, válvulas troncales, pasos aéreos y cruces de ríos, de carreteras y de ferrocarriles. La red de gasoductos del país está constituida por el Sistema Nacional de Gasoductos (SNG), perteneciente a PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB).

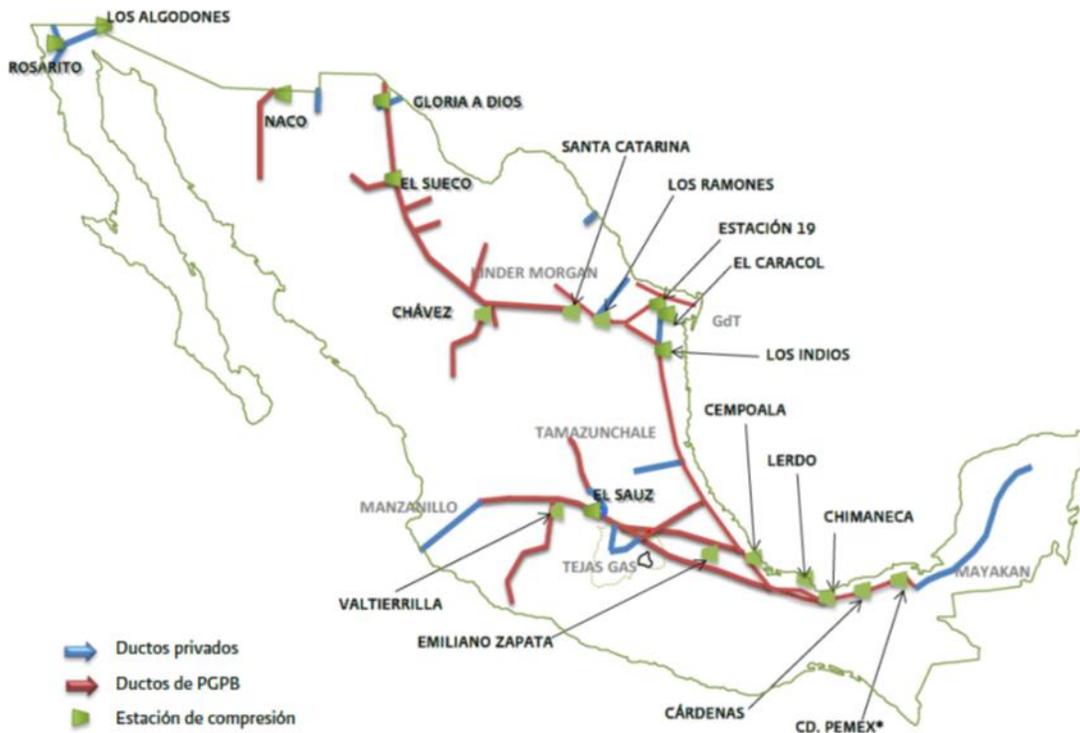


Figura 3.2 Gasoductos y distribución de las estaciones de compresión de gas natural a 2011⁸.

3.2 Descripción del Sistema ducto 48" - 42" de diámetro Cactus - Los Ramones.

El Sistema de Transporte del Gasoducto de 48" - 42" de diámetro Cactus - Los Ramones, cuenta con 1,252.500 km. de longitud y consta de dos secciones, las cuales tienen como punto final de entrega en la estación Los Ramones.

La primera sección del Gasoducto Cactus - Madero tiene una longitud de 781 km. con un D.N. de 48" y un flujo promedio inicial de 1262 MMPCSD (Dic.2000), con una presión inicial promedio de 56.3 km/cm² (Dic.2000) y una presión de entrega final promedio de 57.8 km/cm² (Dic.2000) trabajando las Estaciones de compresión Cárdenas y Lerdo. Al considerar los licuables, el flujo inicial deberá ser de 1215.4 MMPCSD para manejar 1102 MMPCSD en la Estación Cárdenas.

La segunda sección, comprende de la Estación de envío Estación Madero a los Ramones, tiene una longitud de 471.5 km. de los cuales 144.35 km. tienen un diámetro de 42" y 325.15 km. con un diámetro de 48". Esta sección del Gasoducto maneja un Flujo Normal de 56 MMPCSD (Dic.2000) inyectándose en la estación Los Ramones a la presión necesaria para alcanzar una presión final de 57.8 kg/cm² (Dic.2000) en la estación de Madero. A fin de cumplir con los requerimientos de flujo y



considerar los consumos de gas en las turbinas de las estaciones en operación, se requiere un flujo de 69 MMPCSD.

Es conveniente indicar que la Estación Cempoala ubicada en el km. 426.282 envía gas del Gasoducto Troncal de 48" - 42", hacia la línea de 48" de Cempoala a Santa Ana, para integrarlo al gasoducto Cd. Pemex - México - Guadalajara.

Una corriente de gas rico en metano (aproximadamente 87.396% en volumen y 873 MMPCSD). La mezcla resultante se envía al Gasoducto Troncal de 48" - 42" Cactus - Los Ramones.

Inicialmente en el área de trampas, km. 0+000, se extrae un flujo de 58 MMPCSD hacia el campo Nispero, y en el km. 19.00 se tiene un segundo punto de extracción con destino a Paredón con un flujo de 34 MMPCSD; el tercer punto de extracción se encuentra en el km. 26.35 con un flujo de 16 MMPCSD con dirección a los Campos Jacinto, además de que en la Estación de compresión Cárdenas, ubicada en el km. 2.398 se tiene otra extracción con un flujo de 3 MMPCSD el cual se utiliza para la operación de las turbinas de gas de la Estación.

La Estación de compresión Cárdenas entrega un flujo de 1102 MMPCSD al ducto de 48" del troncal, hacia la estación siguiente Chinameca, de acuerdo a la trayectoria del sistema.

Después de pasar por la Estación Chinameca y próximo a la estación La Norma en el cruce con el km. 226.30 se tiene una transferencia importante con un flujo de 286 MMPCSD al gasoducto de 30", el cual se interconecta con el sistema de la zona sur-centro gasoducto de Cd. Pemex-México-Guadalajara.

El flujo restante 813 MMPCSD se transporta por el ducto de 48", pasando por la siguiente Estación de compresión Lerdo y enviarse a la Estación de compresión Cempoala. En la Estación de compresión Lerdo, km. 291.97, se tiene otra Estación con un flujo de 3 MMPCSD para la operación de las turbinas de gas.

En el trayecto de la estación de compresión Lerdo hacia la estación Cempoala se tiene una extracción en el km. 361.50 con un flujo de 13 MMPCSD hacia la caseta de medición de Paso del Toro.

En el km. 426.282 se tiene otra transferencia importante, donde la Estación de compresión Cempoala envía hacia Santa Ana, Hidalgo, un flujo de 681 MMPCSD por medio de otro ducto de 48".

En su trayecto hacia la estación Madero se maneja un flujo de 119 MMPCSD con dirección a Emilio Carranza, continuando con el sentido de flujo, se pasa por la Estación Tecolutla y posteriormente en el km. 610.885 se extrae un flujo de 115 MMPCSD hacia la Estación Poza Rica B. N. y CPQ Cobos por medio del gasoducto de 24" de D.N. Punta de Piedra - Zacate Colorado.

Al final de esta sección en el ducto de 48" se maneja un flujo de 3 MMPCSD para juntarse con el gas natural de la zona norte, pasando previamente por las Estaciones Tuxpan km. 620.521, Naranjos km. 684.184 y La Macarela km. 750.216.



El flujo inyectado en Los Ramones pasa por las estaciones siguientes; El Divisadero, India Bonita, El Nogalito, Las Tunas, San Rafael y Barberena. Finalmente, en el km. 781.00 se junta con el gas de la zona sur y se extraen 72 MMPCSD hacia la Estación de medición Madero.

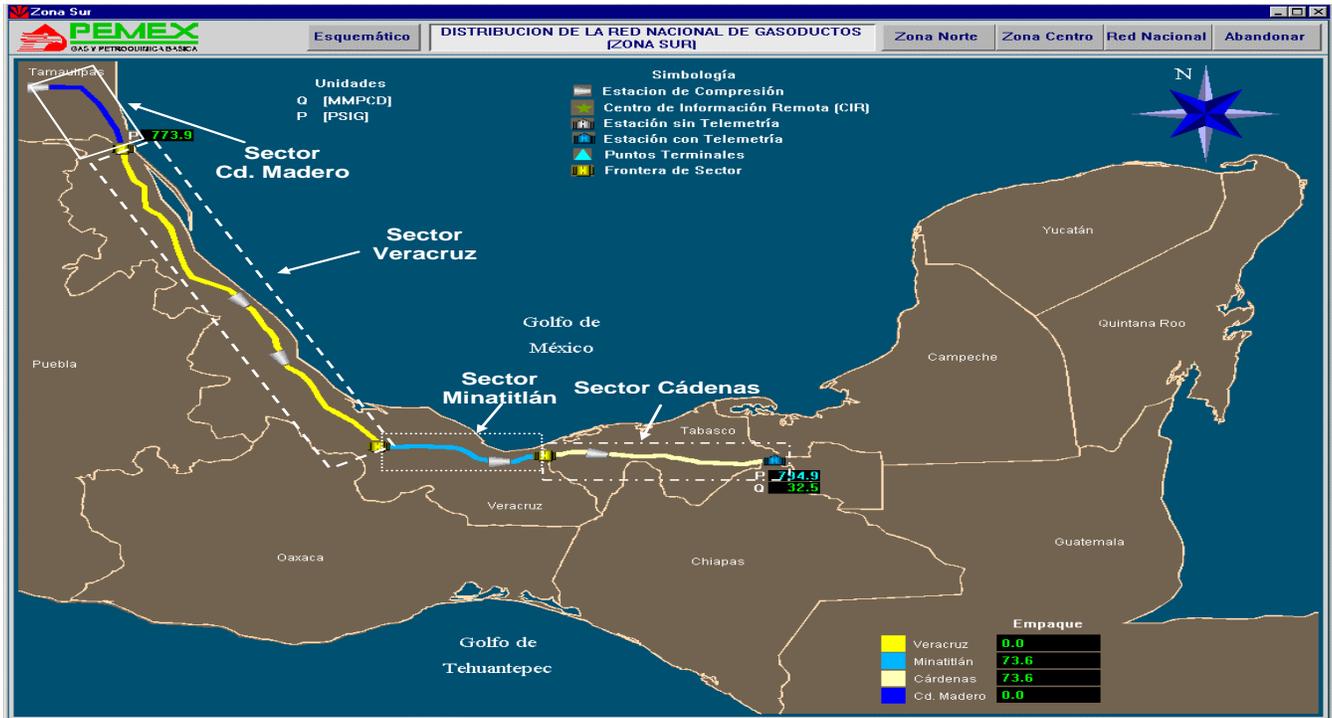


Figura 3.3 Red de producción, distribución y transporte del Gasoducto Cactus – Los Ramones.⁹

El Sistema de Transporte del Gasoducto de 48” – 42” Cactus – Los Ramones está constituido por:

- Cuatro Centros Productores de Gas Natural:
 - Centro Procesador de Gas de Nuevo Pemex
 - Centro Procesador de Gas de Cactus
 - Centro Procesador de Gas Área Coatzacoalcos (Cangrejera, Morelos y Terminal Refrigerada Pajaritos)
 - Refinerías de Minatitlán.
- Dispone de dos Terminales de Distribución:
 - Terminal Terrestre de Veracruz
 - Terminal Refrigerada de los Ramones

Para coordinar, monitorear y controlar la operación del Sistema de transporte de Gas Natural, se cuenta con el Sistema SCADA, cuyo Centro de Control Principal (CCP) está ubicado en el piso 3 de la torre ejecutiva del Centro Administrativo de Petróleos Mexicanos en México D.F., y un Centro de Control de Contingencias (CCC) ubicado en el Km. 30.5 de la carretera México-Pirámides, Venta de Carpio Edo. de México, el cual es un espejo del Centro de Control ubicado en el Centro

⁹ INFORMACIÓN OTORGADO POR PEMEX



Administrativo, además de 17 Centros de Información Remotos en 3 coordinaciones regionales, 7 sectores y 1 residencia.

➤ Además, el sistema cuenta entre sus instalaciones con 5 Estaciones de Compresión:

Estación de Compresión No. 1 Cárdenas.

Estación de Compresión No.3 Chinameca.

Estación de Compresión No. 5 Lerdo. (fuera de Operación)

Estación de Compresión No.7 Cempoala.

Estación de Compresión Ramones.

➤ 5 Estaciones de Regulación y Medición:

Estación de Regulación y Medición de Jáltipan.

Estación de Regulación y Medición de Venta de Carpio.

Estación de Regulación y Medición de Palmillas.

Estación de Regulación y Medición de Valtierra.

Estación de Regulación y Medición de Beristain

➤ 4 Estaciones de Medición:

Estación de Medición de Cactus.

Estación de Medición de Cosoleacaque (Fuera de operación).

Estación de Medición de la Refinería de Minatitlán.

Estación de Medición de Santa Ana.

3.3 Sectores y segmentos del ducto 48" - 42" de diámetro Cactus - Los Ramones.

Para conocer mejor el sistema del gasoducto de Cactus - Los Ramones, este se dividió en segmentos con el fin de conocer a detalle su operación. A continuación se presentan los segmentos que van de trampa a trampa quedando de la siguiente manera:



Tabla 3.1 Gasoducto Cactus-Los Ramones

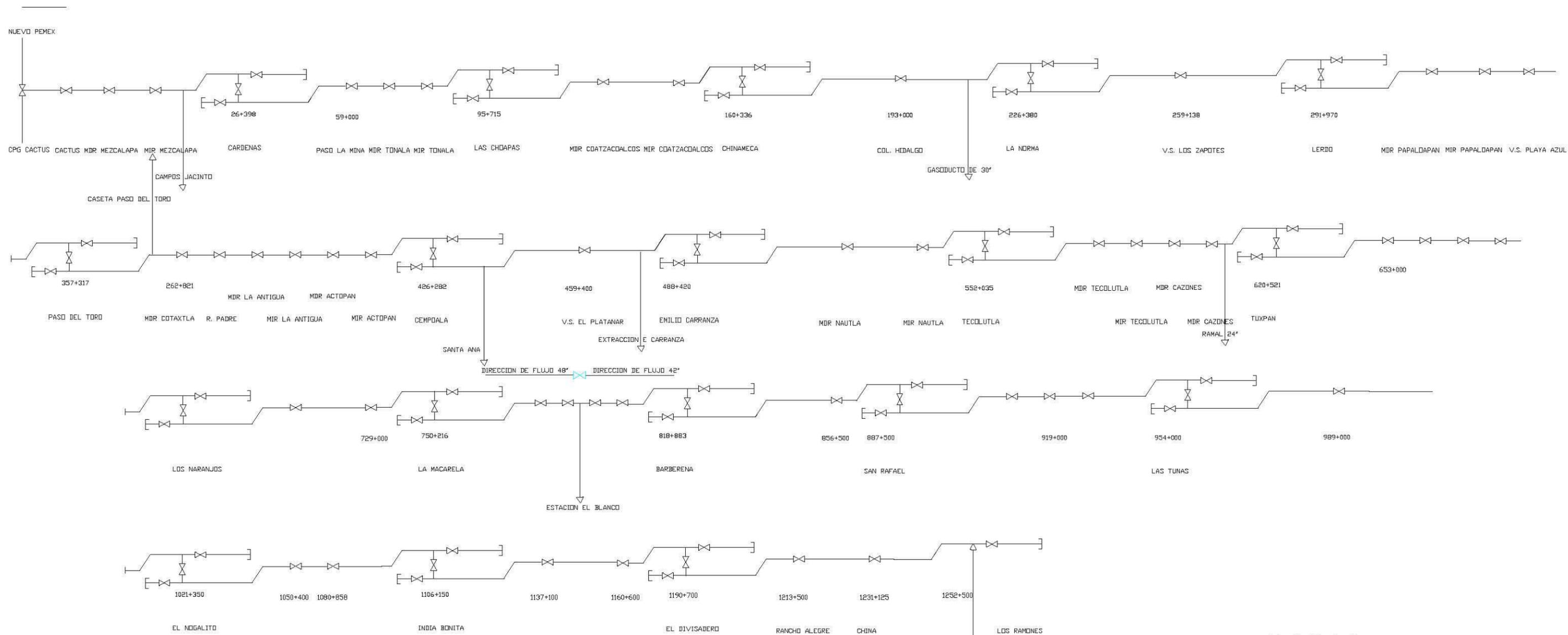
REGIÓN	SECTOR	SEGMENTO	LONGITUD (Km)	Espesores Nominales	Componentes.
SUR	CÁRDENAS	1. Cactus – Cárdenas	26.398	1 0.625 0.938	2 válvulas de seccionamiento 2 Trampas de Diablos
		2. Cárdenas – Las Choapas	69.262	0.625 0.750 0.938	3 válvulas de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
	MINATITLÁN	3. Las Choapas – Chinameca	64.555	0.625 0.750 0.938 1	2 válvulas de seccionamiento 2 Trampas de Diablos
		4. Chinameca – Norma	65.997	0.625, 0.750 1	1 válvula de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
		5. Norma – Lerdo	64.64	0.625, 0.750 1	1 válvula de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
	VERACRUZ	6. Lerdo – Paso del Toro	68.978	0.625 0.750 0.938 1	3 válvulas de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
		7. Paso del Toro – Cempoala	74.97	0.625 0.750 0.938 1	6 válvulas de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
		8. Cempoala– Emilio Carranza	62.313	0.625 0.750 1	1 válvula de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
		9. Emilio Carranza – Tecolutla	62.627	0.625 0.938	2 válvulas de seccionamiento 2 Trampas de Diablos
		10. Tecolutla – Tuxpan	70.491	0.625 0.938 1	4 válvulas de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
		11. Tuxpan – Los Naranjos	65.449	0.625 0.750 0.938 1	4 válvulas de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
		12. Los Naranjos – Macarela	64.186	0.625	2 válvulas de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
NORTE	MADERO	13. Macarela – Barberena	68.637	0.625	4 válvulas de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
		14. Barberena – San Rafael	68.587	0.625	1 válvula de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
		15. San Rafael –	66.57	0.625	3 válvulas de



		Las Tunas			seccionamiento y 2 trampas de diablos.
REYNOSA		16. Las Tunas – El Nogalito	67.220	0.625	1 válvula de seccionamiento y 2 trampas de diablos.
		17. El Nogalito – India Bonita	84.770	0.625	2 válvulas de seccionamiento y 2 trampas de diablos,
		18. India Bonita –El Divisadero	84.520	0.562 0.875	2 válvulas de seccionamiento y 2 trampas de diablos,
MONTERREY		19. El Divisadero –Los Ramones	61.77	0.562 0.875	2 válvulas de seccionamiento y 2 trampas de diablos,
		Total	1262.94	-----	46 válvulas 38 Trampas

Ver el siguiente diagrama unifilar.

UNIFILAR DEL GASODUCTO DE 48"-42" CACTUS-LOS RAMONES

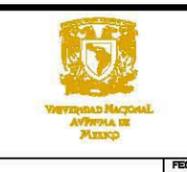


NOTAS

1.- ESTE DIAGRAMA ES ESQUEMATICO, NO DETALLA TRAYECTORIAS DE TUBERIAS.

REVISIONES					DIBUJOS DE REFERENCIA		DIBUJO		NO. MRM/RRG		FECHA	
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	Vo.Bo.								
A	PARA COMENTARIOS	24-OCT-13	RRB									24-OCT-13
												24-OCT-13
												24-OCT-13
												24-OCT-13
												24-OCT-13
												24-OCT-13

A
EDICION
15-01-13



APROBADO POR P.P.P.	
ESPECIALISTA	
SUPERVISOR	
ING.	
RESIDENTE	

ELABORACIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE LA RED DE DUCTOS DE GAS NATURAL	
UNIFILAR CACTUS-LOS RAMONES	
No. CONTRATO : 428812810 (O.S. 06-2012)	P-100-AS
LUGAR :	REV. A

ELABORADO EN MEXICO D.F. FECHA: DICIEMBRE-2012 ESCALA: SIN ADOPTACION EN MM.



3.4 Características principales de la estaciones de compresión.

Las Estaciones de Compresión cuentan con dos turbo compresores de la misma marca y capacidad y con los accesorios necesarios para su control y funcionamiento. Normalmente tienen un turbo compresor en operación y otro para relevo. Los servicios auxiliares con que cuentan son: dos motogeneradores de combustión interna, alimentados con gas natural, para proporcionar energía eléctrica a los motores, tableros e instrumentos de control de campo y servicio de alumbrado; dos compresores de aire con un sistema de almacenamiento para el suministro de aire para diferentes servicios; red contraincendio compuesta de una motobomba de combustión interna y una motobomba que mantiene presurizada la red; un tanque vertical de almacenamiento y un tanque elevado de agua; cabezales de succión descarga, presurización y desfogue; paquetes de regulación de gas de combustible para alimentación de equipo principal y auxiliar; válvulas, filtros separadores de proceso; desfogues, tanto elevados como fosa de quemado; y edificios para cuarto de control, cuarto de servicios auxiliares, talleres y bodegas.

Cabe mencionar que las Estación Cárdenas se abastece de agua de pozo profundo, mediante el uso de una bomba vertical de motor eléctrico, para todos los servicios, la Estación de Chinameca, donde no existe pozo, el agua es suministrada del acueducto del río Huazuntlán. Asimismo, para el suministro de energía eléctrica para las subestaciones de Cárdenas y Chinameca, este servicio es proporcionado por las líneas eléctricas de PEMEX, y en el caso de la Estación Lerdo, la energía eléctrica es suministrada por la Comisión Federal de Electricidad.

Dado que el gas pierde presión al ser transportado y recorrer grandes distancias, es necesario comprimirlo para asegurar un flujo uniforme. Por lo tanto, a lo largo del ducto existen estaciones de compresión, las cuales permiten incrementar la presión para hacer llegar el producto en condiciones operativas óptimas. A continuación se describe algunas Estaciones de compresión que intervienen en el Sistema Cactus - Los Ramones.

3.4.1 Estación de Compresión Cárdenas.

Localización: Poblado C-41, Municipio de Huimanguillo, Tabasco, kilómetro 26.30 del gasoducto de 48", Cactus - Los Ramones. Esta Estación empezó a operar en 1983 y hasta la fecha funciona de manera continua.

Características Generales: Esta es la primera estación que comprime el gas proveniente de los complejos petroquímicos Cactus y Nuevo PEMEX, donde las condiciones promedio de succión son 55.5 Kg/cm^2 , con 31°C y de descarga de 66.5 Kg/cm^2 , con 47°C , manejando un flujo promedio de 1341 MMPCD.

3.4.2 Estación de Compresión Chinameca.

Localización: Municipio de Chinameca, Veracruz, kilómetro 160.386 del gasoducto de 48", Cactus – Los Ramones. Esta estación empezó a operar en 1985 y hasta la fecha se encuentra operando de forma continua.

Características Generales: Esta estación comprime el gas proveniente de la estación Cárdenas, sus condiciones promedio de succión son 56.5 Kg/cm^2 , con 31°C y de descarga 68 Kg/cm^2 , con 47°C , manejando un flujo promedio de 1188 MMPCD.



3.4.3 Estación de Compresión Lerdo.

Localización: Se encuentra cerca de la Ciudad de Lerdo, Veracruz, kilómetro 80.0 de la carretera Paso del Toro, a la altura del kilómetro 291.720 del gasoducto de 48", Cactus - Los Ramones. Inicio sus operaciones en 1987, actualmente está fuera de Operación.



4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA SCADA.

La necesidad de rapidez y exactitud en la obtención de información de los diferentes sectores de estación, aunada a la estadística computarizada de variables, que se tiene con el SCADA, incrementa la eficiencia y seguridad en el transporte y distribución de gas natural, permitiendo una dinámica certera en toma de decisiones en los niveles jerárquicos correspondientes, al tener el conocimiento de cualquier situación normal, anormal o de emergencia en el momento oportuno.

Los sistemas de control tienen la misión de recibir las variables de proceso procedentes de los instrumentos, procesarlas, ejecutar acciones y gestionar las salidas a los elementos finales de control.

Existen dos posibilidades al seleccionar el tipo de sistema de control a utilizar, por una parte están los Controladores Lógicos Programables (PLC's) unidos a un sistema de control, y por otra están los SCD's (Sistemas de Control Distribuido).

4.1 El Controlador Lógico Programable (PLC). Un autómata programable o Controlador Lógico Programable (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para control de procesos secuenciales en tiempo real y en ambiente tipo industrial, aunque ahora también pueden ejercer eficientemente control regulado.

Su aplicación se reduce a pequeñas aplicaciones, no integrales, en las que el número de señales es reducido, se utilizan cuando el control es principalmente "discreto" (on-off). Los PLC fueron diseñados originalmente como sustitutos para relevadores y temporizadores.

Un PLC es un programa de software con tarjetas electrónicas que completa circuitos como si los dispositivos estuvieran en el PLC. El programa reside en el PLC y el dispositivo real está localizado en campo. El monitoreo de las variables medidas y los parámetros de control, se puede realizar mediante una pequeña pantalla localizada sobre el propio controlador.

Las características básicas de los PLC son:

- Maneja procesos discretos, el PLC no tiene competencia y su uso es universal.
- Puede manejar fácilmente señales continuas (analógicas) y algoritmos de control.
- Se programan, mediante una PC o un programador portátil.

Aunque el PLC por excelencia ha sido creado para el control de procesos secuenciales, hoy en día el PLC puede además controlar lazos regulados, además de permitir el manejo de señales digitales como Ethernet, Device Net, ETC.

Por lo que el PLC puede tener aplicaciones en las siguientes áreas: Control de cualquier máquina que implique una o varias secuencias o recetas.

- Señalización de estados de equipos.
- Controles regulados como PID o arreglos de PID como el control en cascada.
- Supervisión y control básico de señales. Algunas de las ventajas de utilizar un PLC son:



- **Confiabilidad.** Una vez que un programa se ha escrito y se han localizado y corregido errores, éste puede fácilmente transferirse y descargarse a otros PLC.
- **Flexibilidad.** Las modificaciones del programa pueden hacerse fácilmente, inclusive en campo con diferentes niveles de acceso.
- **Funciones Avanzadas.** Amplia variedad de tareas de control, desde una sola acción repetitiva hasta el control complejo de datos.
- **Comunicaciones.** Facilidad de envío o recepción de datos y el intercambio de información.
- **Velocidad.** Característica de los sistemas digitales.
- **Diagnóstico.** Permiten a los usuarios localizar y corregir fácilmente los problemas de software y hardware

Las desventajas de utilizar un PLC son:

- Requiere un programador,
- El costo inicial puede ser alto, por la capacitación para entender y configurar el sistema, aunado a que en algunas ocasiones la especificación no cubre la implementación completa.

4.2 Sistema de Control Distribuido (SDC). Un SDC es una red de procesadores digitales de información, con sistema operativo distribuido y procesamiento en "tiempo real", operando bajo los preceptos de la teoría del control automático que reúne toda la funcionalidad requerida para realizar funciones de control y adquisición de datos, incluyendo las interfases gráficas con el operador, alarmas, tendencias, historización, control continuo y discontinuo, sistemas que permiten la configuración, redundancias de hardware, generación de reportes y la capacidad de comunicarse con otros sistemas digitales; presentando una arquitectura que permite la integración del control de procesos con la administración de la empresa.

Una de las ventajas principales del SDC es que puede almacenar muchos datos sobre un periodo de tiempo, los cuáles pueden ser utilizados para muchos tipos de análisis. El SDC se utiliza para grandes proyectos y control mayoritariamente analógico.

Una ventaja significativa del controlador digital de lazo sencillo es la flexibilidad de configuración y la conexión, por medio de protocolos normalizados establecidos, a sistemas más grandes como el controlador lógico programable PLC o los sistemas de control distribuido SDC.

4.3 Definición del sistema Supervisorio y Adquisición de datos SCADA.

El Sistema de Control y Adquisición de Datos SCADA es un sistema computarizado que adquiere y envía información desde sitios remotos hacia un centro de control, desde este sistema se supervisa, monitorea, controla y registra la actividad que se realiza en los sub-sistemas de control. También monitorea las interfaces con los controladores directos sobre el proceso, enviando puntos de ajuste (set points) y valores calculados. Asimismo, permite operar a control remoto estaciones de medición, de compresión y válvulas de seccionamiento, así como controlar el empaque del sistema de ductos.



El **SCADA** centralizará la información básica de operación de cada una de las estaciones ligadas al sistema y permitirá operar los instrumentos y equipos asociados en forma rápida y confiable, como un factor fundamental que contribuya a que el sistema de ductos opere con mayor productividad, con menor costo y mínimo esfuerzo humano, lo que es muy poco probable lograr con un sistema de control neumático/eléctrico, convencional.

En PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA se encuentra implementado un **sistema SCADA** para el control y monitoreo en tiempo real de las condiciones de operación en las instalaciones que forman parte de la **Red Nacional de Gas Natural y de LPG**, desde un **Centro de Control Principal (CCP)** ubicado en el piso 3 de la torre ejecutiva del Centro Administrativo de Pemex en la Cd. de México, un **Centro de Control de Contingencia (CCC)** en Venta de Carpio, Estado de México para casos de recuperación de desastres y **17 Centros de Información Remotos (CIR)**, localizados en diferentes sitios de la República Mexicana.

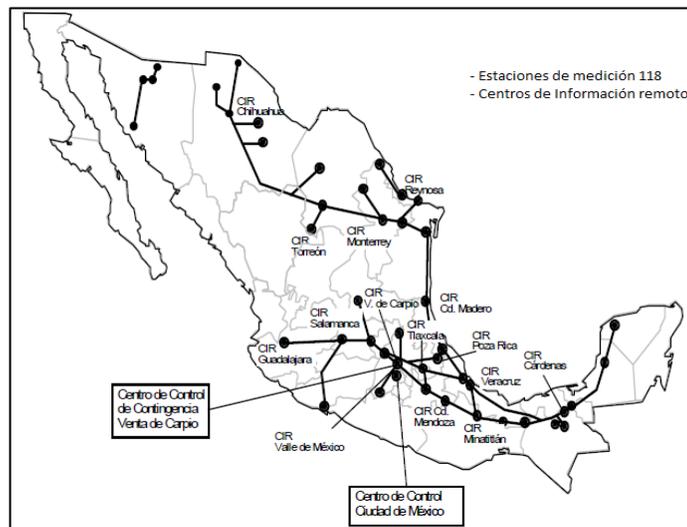


Figura 4.1 Cobertura del SCADA en el Sistema Nacional de Gasoductos¹⁰

4.4 Arquitectura Típica de un Sistema SCADA NRF-130-Pemex-2013.

La arquitectura típica de un sistema SCADA para el monitoreo y control de Ductos, está por lo que estos son los componentes mínimos que debe tener todo sistema SCADA de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Los servidores SCADA deben funcionar en plataformas de sistemas operativos actualizados y que comprueben correctamente su operación para el Sistema SCADA y sus aplicaciones.

La estación de Operador deben funcionar en sistemas operativos actualizados y que comprueben correctamente su operación para el Sistema SCADA y sus aplicaciones.

Base de datos de Tiempo Real debe soportar los métodos normales para la configuración y poder compartir los datos con otros Sistemas corporativos. Debe usar estándares industriales como ODBC, OLEDB, DIFICULTAD, OPC y DDE.

10 SISTEMA DE MONITOREO AUTOMATIZADO DEL EMPAQUE DE LA RED NACIONAL DE GASODUCTOS DE PGPB.



Arquitectura del sistema no debe ser restrictiva en licencias y ancho de banda para poder conectar diferentes tipos de clientes.

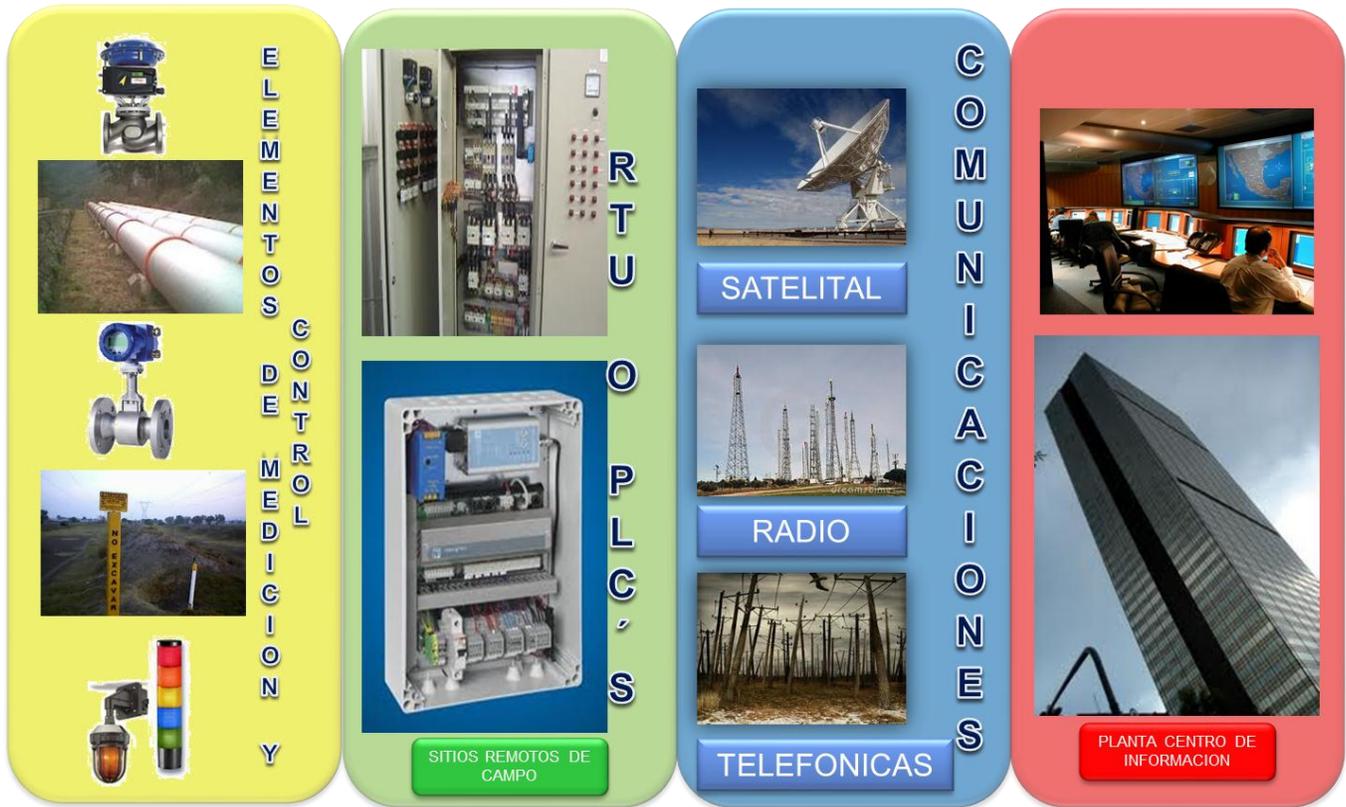


Figura 4.2 Componentes del sistema SCADA¹¹

El sistema debe actuar como una sola fuente de datos para terceras aplicaciones de participantes en la red. Interfase de comunicación del sistema debe estar apegada a las normas estándar de la industria.

Centro del Control Principal de dónde los operadores están controlando la operación de los ductos, debe existir también un Centro de Control Alterno o de Respaldo que debe tomar el funcionamiento del Control Principal transparentemente en caso de que el centro del Control Principal falle. Se debe considerar que pueden existir varios centros de control subalternos.

Manejo de nuevos nodos.- Los nodos de datos deben poder cancelarse o agregarse a la red sin romper la redundancia de los nodos existentes. La arquitectura del sistema debe permitir agregar nuevos nodos transparentemente en la red.

El sistema de SCADA que usa Router debe cambiar automáticamente a una comunicación V-Sat cuando la Fibra Óptica falla. Esto se debe desplegar, registrar, y alarmar por el sistema. Debe haber una alarma audible del cambio. Además el Sistema debe tener la capacidad de operar con varias redes de comunicación basadas en Internet, Redes Privadas Virtuales, Microonda y líneas arrendadas, Celulares y mensajes a Celulares.

¹¹ WWW.GOOGLE.IMAGENES.SCADA.



El procesador frontal (front end processor FEP) puede ser una PC o una RTU, de acuerdo a la necesidad de integrar señales de proceso donde este se localice. El FEP debe ser redundante.

El sistema debe supervisar continuamente y probar todo el equipo de respaldo para determinar si este equipo es capaz de asumirlas funciones la pantalla de la proyección, los discos RAID, el FEP, las características de Diagnóstico deben incluir detección y reporte de fallas del software.

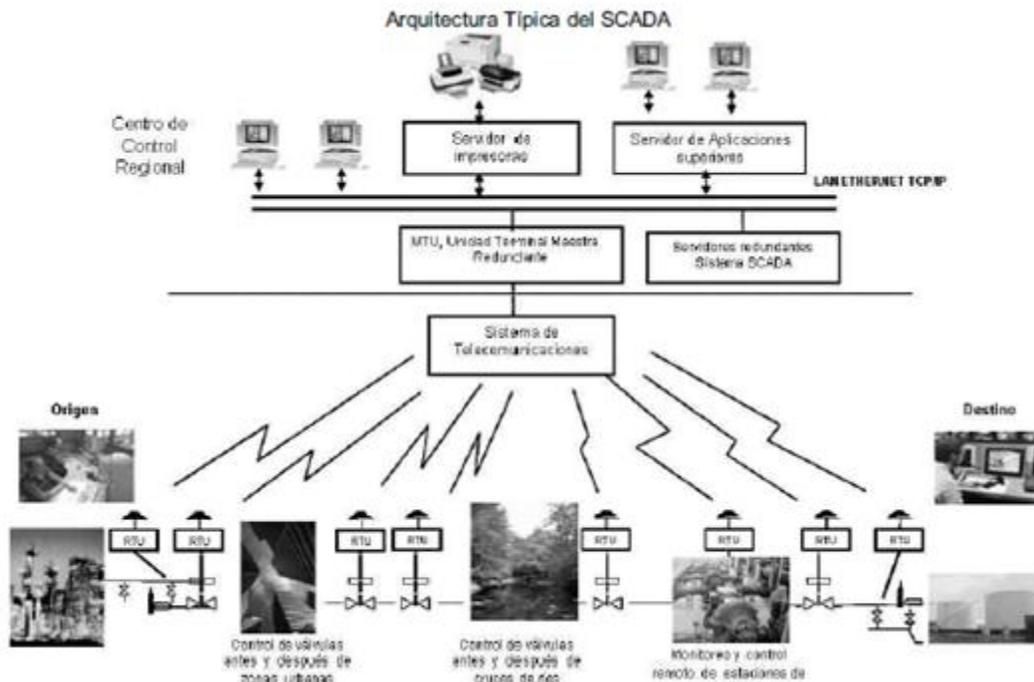


Figura 4.3 Arquitectura Básica para el sistema SCADA de la red de Ductos¹²

El sistema debe supervisar continuamente y probar todas las RTUs y PLCs para determinar si las funciones primarias son correctas. El sistema debe generar una alarma si las RTU y PLC son incapaces de asumir las funciones primarias Alarmas de mensaje con el error codificado y la explicación de las fallas se deben desplegar e imprimir. Debe existir una alarma audible que indique que el equipo ha fallado. Se proporcionarán los despliegues para mostrar el estado operacional y las condiciones de error para todos los componentes del sistema.¹³

4.5 Componentes del sistema SCADA.

El Sistema SCADA está Constituido por los Sigüientes Componentes:

- Instrumentación de Campo.
- Estaciones Remotas
- Redes de comunicación
- Estación de Monitoreo Central

¹² NRF-130-PEMEX-2013.

¹³ NRF-130-PEMEX-2013



Mediante la instrumentación electrónica en campo, RTUs y sistemas de comunicaciones hacia los MTUs se monitorear, supervisar y controlar la operación del ducto en forma segura, esto incluye las estaciones de medición, compresión y bombeo, y las válvulas de seccionamiento. A continuación se describirá cada Sub-Sistema.

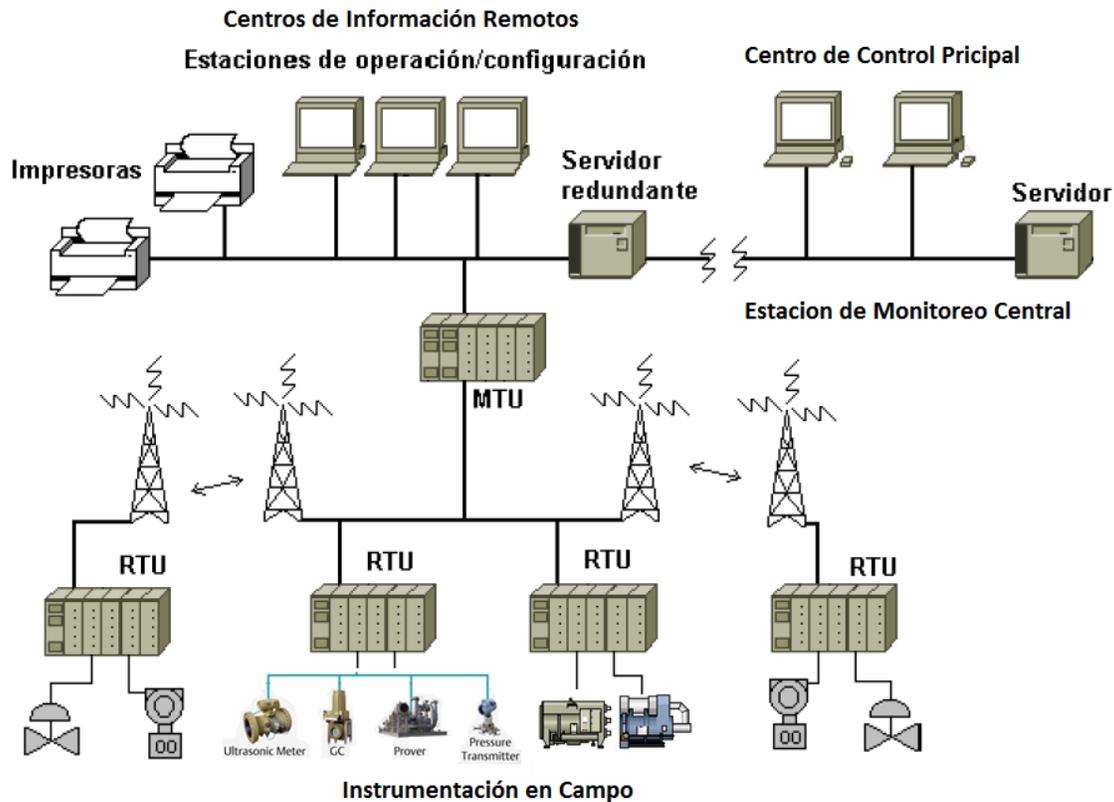


Figura 4.4 Instrumentación en Campo¹⁴

4.5.1 Instrumentación de campo.

La instrumentación de campo es la referida a los sensores, actuadores y dispositivos que están directamente conectados al proceso, equipos o máquinas en las estaciones y que están siendo controlados y monitoreados por medio del sistema SCADA. Estos son sensores para monitorear ciertos parámetros; y actuadores para controlar ciertos módulos del sistema.

Esta instrumentación convierte parámetros físicos (por ejemplo; flujo, presión, temperatura, velocidad etc.) a señales eléctricas (ejemplo; voltaje o corriente) leíbles por medio del equipo de la Estación Remota. Las salidas pueden ser del tipo analógicas (rangos continuos) o digitales (valores discretos). Algunas de las salidas analógicas estándar en la industria para estos sensores son de 0 a 5 volts, 0 a 10 volts, 4 a 20 mA y 0 a 20 mA. Los voltajes de salidas son usados cuando los sensores son instalados cerca de los controladores (RTU o PLC). Las corrientes de salida son usadas cuando los sensores son localizados lejos de los controladores.

¹⁴ ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE UN SISTEMA SCADA APLICADO A INSTALACIONES PETROLERAS



Las salidas digitales son usadas para diferenciar los estados discretos de los equipos. Usualmente, <1> es usado para significar el estado del EQUIPO ENCENDIDO Y <0> para EQUIPO APAGADO. Estos pueden también significar <1> para LLENO o <0> para VACÍO. Los actuadores son usados en modo girar para abrir o girar para cerrar ciertos equipos.

También, las señales digitales y analógicas de entrada son usadas para control. Por ejemplo, las entradas digitales pueden ser usadas para abrir y cerrar módulos en un equipo. Mientras que las entradas analógicas son usadas para control de velocidad de un motor o la posición de una válvula motorizada.



Figura 4.5 Instrumentación y elementos en campo.¹⁵

4.5.2 Unidad Terminal Remota (RTU).

La instrumentación de campo conectada al proceso o equipo en la estación que está siendo monitoreada y controlada es enlazada a la Estación Remota para permitir la manipulación del proceso desde un sitio remoto. Es también usada para recolectar datos del equipo y transferirlos a la central del sistema SCADA. En la Estación Remota puede estar en un RTU (Unidad Terminal Remota) o en un PLC (Controlador Lógico Programable) puede también estar en un tablero aislado o en una unidad modular, siendo monitoreados y controlados por medio de la computadora organizadora central

Una RTU es un dispositivo instalado en una localidad remota del sistema, está encargado de recopilar datos para luego ser transmitidos hacia la MTU. Esta unidad está provista de canales de entrada para detección o medición de las variables de un proceso y de canales de salida para control o activación de alarmas y un puerto de comunicaciones; físicamente estos computadores son tipo armarios de control. Una tendencia actual es la de dotar a los Controladores Lógicos Programables (PLC's) la capacidad de funcionar como RTU.¹⁶

La RTU se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como abierto/cerrado desde una válvula o un intercambiador, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente, y así la RTU puede enviar señales que pueden controlar los dispositivos para abrirlos, cerrarlos, intercambiar la válvulas, configurar la velocidad de una bomba, etc.

La RTU es capaz de ejecutar programas simples autónomos sin la participación de la Unidad Terminal Maestra (MTU) del sistema SCADA, para simplificar el despliegue y proporcionar la

¹⁵ WWW.GOOGLE.IMAGENES.SCADA

¹⁶ «DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECA TRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.»



redundancia por razones de seguridad. La RTU en un sistema de gerencia tiene típicamente un código para modificar su comportamiento cuando los interruptores de invalidación físicos son accionados, por ejemplo el movimiento de una palanca durante el mantenimiento por el personal correspondiente. Esto se hace por razones de seguridad; una pérdida de comunicación entre los operadores de sistema y el personal del mantenimiento podría hacer que operadores del sistema cometan un error al permitir el paso de energía, el activar el funcionamiento de una bomba, etc.

Las especificaciones importantes para las RTU's incluyen el tipo de la comunicación, el número de puertos, y el tamaño de la memoria. Una RTU tiene una interfaz de comunicaciones, generalmente serial (RS232, RS485, RS422) Ethernet, Modbus, propietario o cualquier combinación. Un microprocesador simple, sensores ambientales, interruptores de invalidación, unidades de almacenamiento, unidades de respaldo y un bus que se utilice para establecer comunicación con los dispositivos y/o los tableros de la interfaz. El bus utilizado es el bus de dispositivo o de campo. Las RTU's utilizan radio, video, teléfono o las comunicaciones de lazo que estén disponibles.¹⁷

Un sistema puede contener varios RTUs; siendo capaz de captar un mensaje direccionado hacia él, decodificando lo actuando, respondiendo si es necesario, y esperar por un nuevo mensaje.

La MTU entonces explorará las RTU generalmente con una frecuencia menor. Los datos se procesarán para detectar condiciones de alarma, y si una alarma estuviera presente, sería catalogada y visualizada en listas especiales de alarmas.¹⁸

¹⁷ ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE UN SISTEMA SCADA APLICADA A INSTALACIONES PETROLERAS

¹⁸ IE – 431 SISTEMAS DE CONTROL MONOGRAFÍA INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE CONTROL SUPERVISOR Y DE ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)

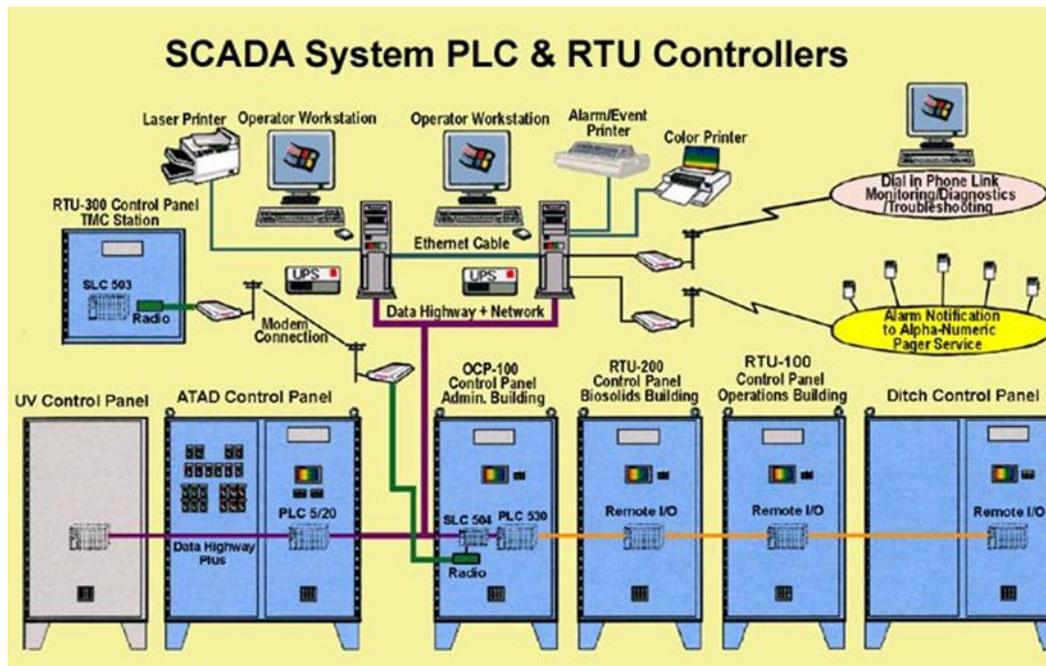


Figura 4.6 Sistema SCADA y Controlador PLC y RTU¹⁹

4.5.3 Red de comunicación.

La característica distintiva de los sistemas SCADA es su capacidad de comunicación, comparado a los DCS ("Distributed Control Systems" - sistemas de control distribuido) considerados a menudo dentro de una planta, un sistema SCADA cubre generalmente áreas geográficas más grandes, y utiliza muchos medios de comunicaciones diversos (y a menudo relativamente no fiables). Un aspecto importante de la tecnología de SCADA es la capacidad de garantizar confiablemente la salida de datos al usar estos medios. Los sistemas SCADA utilizaron inicialmente enlaces de comunicación lentos. Cálculos cuidadosos debieron ser hechos para evaluar los volúmenes de datos probables esperados, y asegurar que la red de comunicaciones fuera capaz de resolver las demandas.

El sistema SCADA tiende a utilizar la mayoría de las redes de comunicación disponibles. Los sistemas de telecomunicaciones a emplear en los sistemas SCADA pueden ser de diferentes tipos (Radio, UHF, telefonía satélite, celular, etc.), su selección dependerá de las condiciones del sitio en que se requiera el servicio; así como por la cantidad de información a transmitir. Los sistemas de telecomunicaciones son elementos fundamentales en la implementación de los SCADA, constituyen el medio para transportar la información desde sitios distantes al (los) sitio(s) en que se concentra la información que se desea monitorear o controlar.²⁰

El Sistema SCADA, está basado en comunicaciones que reúne información, procesa y despliega datos, de la instrumentación de campo.

19 WWW.GOOGLE.IMAGENES.SCADA.

20 NRF-130-PEMEX-2013

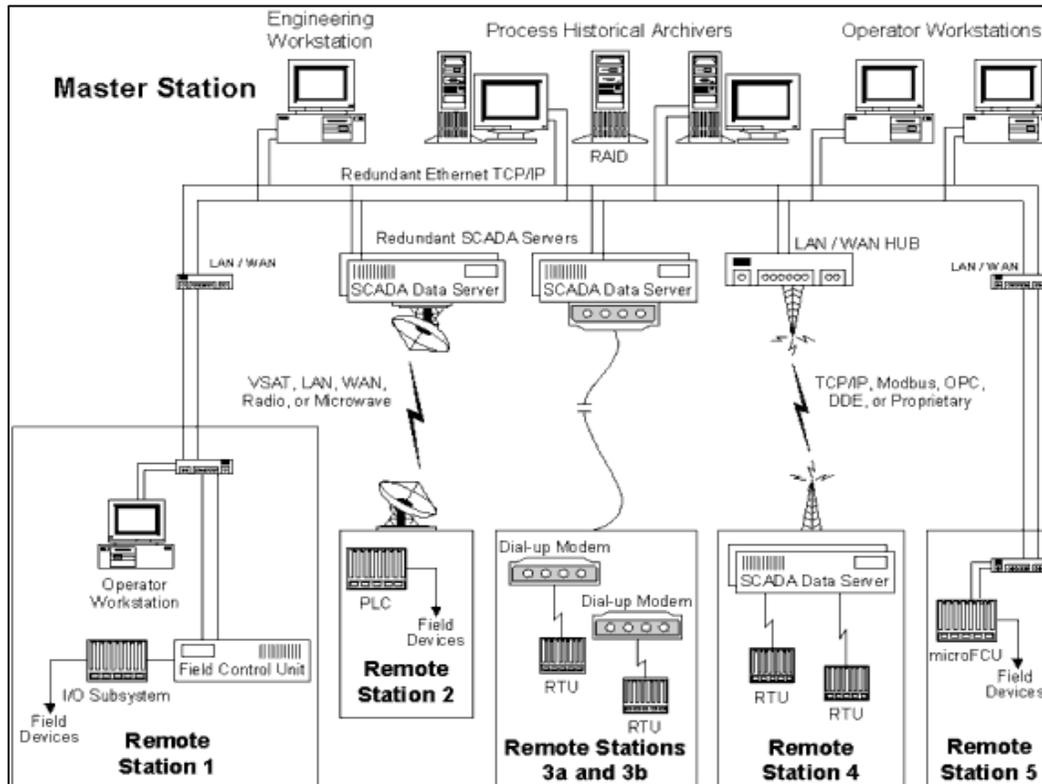


Figura 4.7 Tipos de comunicación en el SCADA²¹

En una comunicación deben existir tres elementos necesariamente:

- Un medio de transmisión, sobre el cual se envían los mensajes
- Un equipo emisor que puede ser el MTU
- Un equipo receptor que se puede asociar a los RTU's.

En telecomunicaciones, el MTU y el RTU son también llamados Equipos terminales de datos (DTE, Data Terminal Equipments). Cada uno de ellos tiene la habilidad de generar una señal que contiene la información a ser enviada. Asimismo, tienen la habilidad para descifrar la señal recibida y extraer la información, pero carecen de una interfaz con el medio de comunicación.

La figura siguiente muestra la conexión de los equipos con las interfaces para el medio de comunicación. Los modems, llamados también Equipo de Comunicación de Datos (DCE, Data Communication Equipment), son capaces de recibir la información de los DTE's, hacer los cambios necesarios en la forma de la información, y enviarla por el medio de comunicación hacia el otro DCE, el cual recibe la información y la vuelve a transformar para que pueda ser leído por el DTE.²²

21 WWW.GOOGLE.IMAGENES.SCADA.

22 SISTEMAS SCADA ING. HENRY MENDIBURU DÍAZ

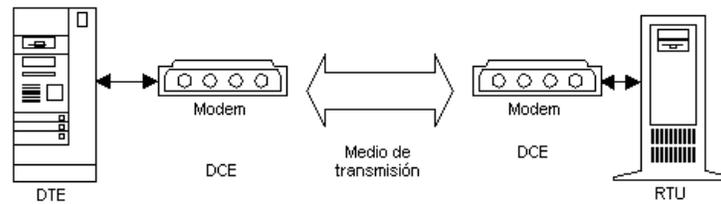


Figura 4.8 Esquema de conexión de equipos e interfaces de comunicación²³

4.6 Protocolos de comunicación.

El SCADA reúne los datos de la instrumentación de campo por medio de una Unidad Terminal Remota (RTU) localizada en campo los datos son adquiridos en una o más computadoras llamadas Unidad Terminal Maestra (MTU) asociada con el centro de control de operación. La especificación de los mensajes entre RTU y MTU es colectivamente referida como protocolo de comunicación.

El sistema de comunicación es el encargado de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el sistema SCADA, puede ser construida con cables o puede ser inalámbrica, haciendo uso de cualquier protocolo industrial existente en el mercado, como por ejemplo; CANbus, Fieldbus, Modbus, etc. Los progresos recientes han considerado la aparición de un número apreciable de protocolos "abiertos" IEC870/5, DNP3.0, MMS son solo algunos de éstos.²⁴

Se debe considerar que la consola de operación, a través del sistema de comunicaciones, realizará un barrido (poleo) de todas las Unidades de Terminales Remotas (UTRs) para actualizar información.

Para las actividades de control y monitoreo de las estaciones de PGPB, se emplean para la transportación de información a los centros de control principal medios de transmisión no físico, equipos de radiocomunicaciones que trabajan en la banda de UHF, equipos de microondas digital que utilizan tecnologías de transporte tales como PDH (Jerarquía Digital Plesincrona) SDH (Jerarquía Digital Síncrona); así como equipos de comunicación satelital que trabajan en banda KU y en los cuales se emplea la Multiplexación por División de Tiempo (TDM y TDMA). A partir de esta infraestructura, se suministran los servicios de comunicación entre las estaciones de Pemex Gas ubicadas a lo largo de la República Mexicana, los Centros de Control Principal, de Contingencias, y los de información Remota. En ciertas regiones del territorio nacional se tiene el uso de tecnologías especializadas de telecomunicaciones, como Sistemas Satelitales y Radio UHF.

Hoy en día el alcance requerido en materia de telecomunicaciones, debe estar conforme a lo establecido en la NRF-130-PEMEX-2007.

4.7 Estación de Monitoreo Central (CMS).

Se refiere a la localización de la computadora organizadora o maestra. Varias estaciones de trabajo son configuradas en el CMS. Emplea un programa de Interfase Hombre Máquina (MMI) para monitorear varios tipos de datos necesarios para la operación.

²³ DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECA TRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.

²⁴ NRF-130-PEMEX-2013



La CMS es la unidad maestra del Sistema SCADA. Es la encargada de recopilar la información reunida por medio de las estaciones remotas y de la generación de acciones necesarias para algún evento detectado. La CMS podrá tener una simple computadora de configuración o puede estar en red a una estación de trabajo para compartir la información desde el sistema SCADA.

Un Programa de Interfase Hombre Máquina (MMI, por sus iniciales en inglés) será corrido en el computador CMS. Un diagrama mímico de toda la estación o proceso puede ser desplegado en una pantalla para facilitar la identificación real del sistema. Cada punto de E/S de las unidades remotas pueden ser desplegadas con sus correspondientes representaciones gráficas y la presentación de E/S de lectura. Las lecturas de flujo pueden ser desplegadas sobre una representación gráfica de un medidor de flujo.

Los parámetros de estructuración tales como disparo de válvulas, límites, etc. Son introducidos en este programa y retransmitidas a las correspondientes unidades remotas para actualización de sus parámetros de operación.

El programa MMI puede también crear una ventana separada para alarmas. Las ventanas de alarma pueden desplegar el nombre de la identificación de la alarma, descripción, valor del punto de disparo, tiempo, fecha y otra información. Todas las alarmas serán salvadas en un archivo separado para ser revisado más tarde.

Una tendencia de puntos requeridos puede ser programada en el sistema. Tendencias gráficas pueden ser vistas o impresas en un tiempo más tarde. La generación de reportes de administración pueden también ser fijados para un día y tiempo específico, período básico, en petición del operador o eventos iniciadores de alarmas.

El acceso al programa es permitido únicamente para operadores calificados. Cada usuario tendrá que dar un password y un nivel de acceso único a áreas particulares del programa. Todas las acciones tomadas por el usuario son registradas en un archivo para ser revisadas más tarde.

El SCADA cuenta con un Centro de Control Principal en la Ciudad de México y un Centro de Control de Contingencias en Venta de Carpio, Estado de México.



Figura 4.9 Centro de control de contingencias.²⁵



4.8 Características funcionales del SCADA.

Dentro de las funciones básicas realizadas por el sistema SCADA están las siguientes:

- a) Supervisión remota de instalaciones y equipos: Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en el sistema de transporte, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.
- b) Control remoto de instalaciones y equipos: Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.), de manera automática y también manual. Además es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.
- c) Procesamiento de datos: El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.
- d) Visualización gráfica dinámica: El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.
- e) Generación de reportes: El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.
- f) Representación señales de alarma: A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla ante la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.
- g) Almacenamiento de información histórica: Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.
- h) Programación de eventos: Está referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, entre otras.²⁶
- i) Aplicaciones en general, basadas en la información obtenida por el sistema, tales como: reportes, gráficos de tendencia, historia de variables, cálculos, predicciones, detección de fugas, etc.

El sistema es diseñado para funcionar sobre ordenadores en el control de producción, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora.

Un término clave en la definición, al que muchas veces no se le da adecuada atención, es el de supervisión, que significa que un operador humano es el que al final tiene la última decisión sobre operaciones, usualmente críticas de una planta industrial.



4.9 Desplegados.

Los desplegados gráficos muestran valores actuales de las variables de proceso más importantes, así como las fallas en el sistema de transporte en tiempo real, esto permite a los operadores verificar en pantalla cuales es estado del sistema que pueden ser parte de un problema e iniciar cualquier acción de manera efectiva y sin complicaciones.

El sistema SCADA incorpora desplegados gráficos predefinidos como configurables, los desplegados predefinidos están diseñados para una fácil inicialización, y los desplegados configurables tienen una manipulación interactiva.

Para el desarrollo de los desplegados gráficos del sistema SACADA se utilizan los símbolos de la norma ANSI/ISA S5.5, pero actualmente la elaboración de desplegados gráficos se rige por la NRF-226-PEMEX-2006.

Dentro de los desplegados gráficos del sistema se encuentran los gráficos de tendencias los cuales muestran información de datos almacenados en el histórico, la información puede presentar la tendencia de hasta cuatro variables en un mismo desplegado. Los datos pueden mostrarse de diferentes formas y ser transferidos a otros lugares o equipos para su análisis de manera muy fácil, esto es una gran ayuda en la localización de fallas.

El resumen de alarmas del SCADA proporciona normalmente más información que un panel de alarma estándar, por ejemplo, la mayoría de los paneles de alarma estándar pueden proporcionar indicaciones de la primera que se presentó, pero el desplegado de tendencia da un historial completo de las alarmas, tiempo en que ocurrieron y hace gráficas para resaltar los displays seleccionados para un fácil análisis de la magnitud del problema. Cuando se acciona una, alarma muchos tipos diferentes de datos pueden ser almacenados con referencia a esa alarma en particular.



Figura 4.10 Desplegados típicos del sistema SACADA (general, proceso y tendencias)²⁷

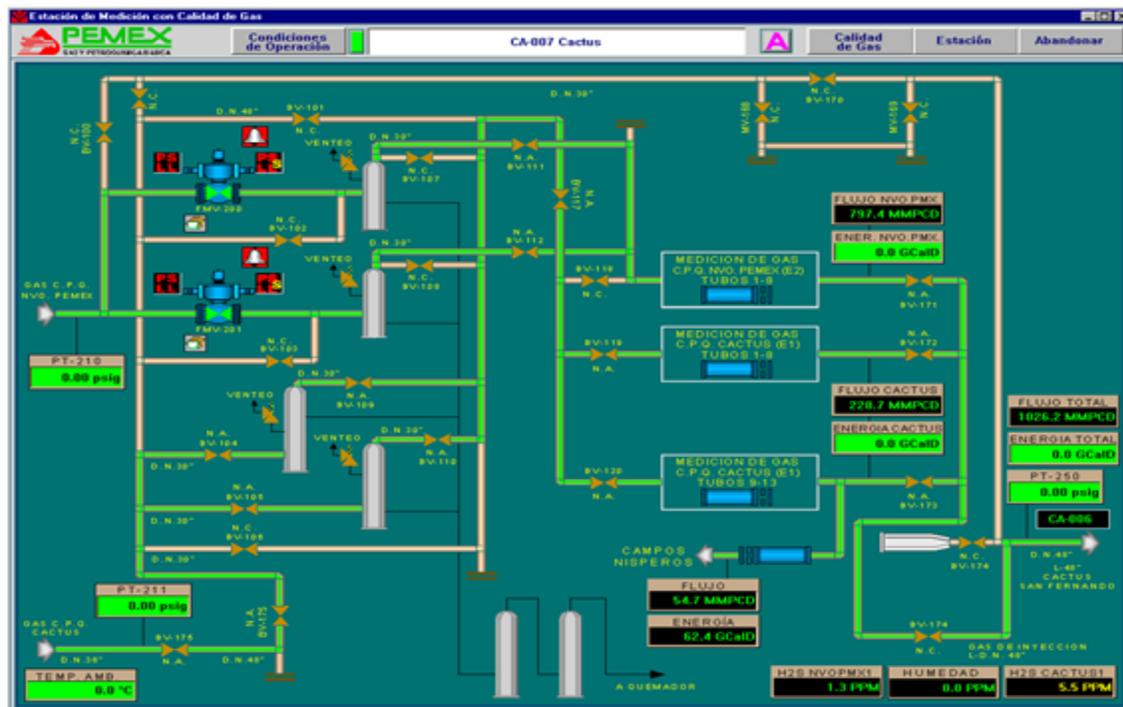


Figura 4.11 Inyección de Cactus y Nuevo México.²⁸

27 PROCEDIMIENTOS Y DISCIPLINA OPERATIVA. NAVEGACIÓN EN EL SISTEMA SCADA.

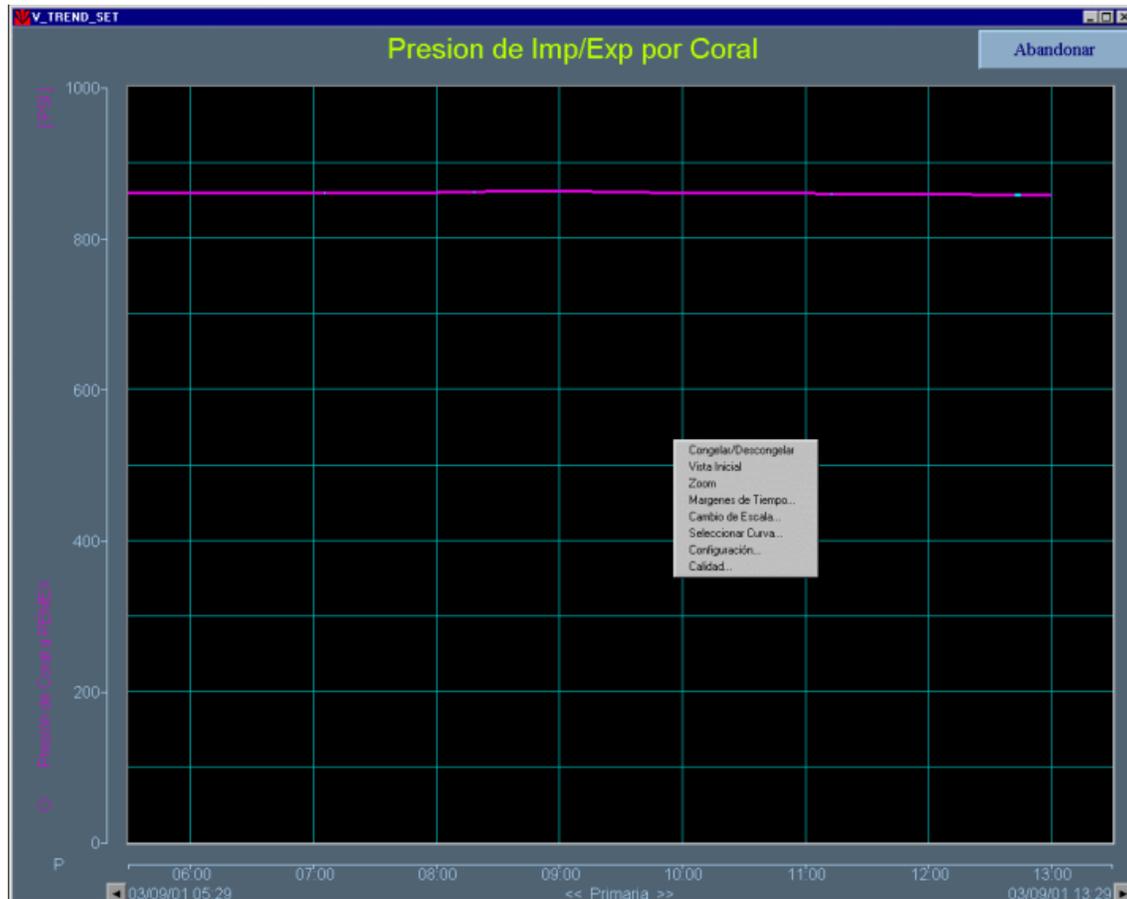


Figura 4.12 Grafico de Tendencia.²⁹

4.10 Telecomunicaciones.

Las comunicaciones son uno de los componentes clave en los sistemas de automatización y control. Son las responsables de transportar los datos recolectados en campo, proporcionarlos para actualizar la base de datos y transmitir las órdenes a los dispositivos de campo; así mismo, de asegurar que los sistemas de reserva de control reciban datos actualizados valiéndose de soluciones eficientes.

Para poder desarrollar eficientemente estas funciones, la red de comunicaciones cubre los siguientes requisitos funcionales: baja demora o bajo retraso en la transferencia de información, con un alto grado de confiabilidad en la infraestructura, desde el momento en que los datos entran en la red hasta el momento en que éstos son entregados; mantiene una estadística del desempeño de los canales de comunicación detecta y corrige las posibles fallas en éstos.

Otras consideraciones funcionales con que cuenta la red de comunicaciones son la escalabilidad, la redundancia, la seguridad y los servicios de apoyo al sistema.

Los sitios de cobertura por la red de Telecomunicaciones son aquellas instalaciones en las que se tiene liga con el SCADA como son válvulas de seccionamiento, trampas de diablos, trampas de

28 PROCEDIMIENTOS Y DISCIPLINA OPERATIVA. NAVEGACIÓN EN EL SISTEMA SCADA.

29 PROCEDIMIENTOS Y DISCIPLINA OPERATIVA. NAVEGACIÓN EN EL SISTEMA SCADA.



recibo, válvulas troncales, pasos de regulación, estaciones de medición, estaciones de compresión y bombeo de la red nacional de gasoductos.

Dada la dispersión de las instalaciones a cubrir, se implementan las siguientes tecnologías de comunicación para poder enlazar todos los sitios considerados para su automatización o supervisión:

- Sistema de microondas digital existente.
- Interconexiones a estaciones de microondas por medio de cable y módems.
- Sistemas multicanal digital existente.
- Sistema Punto-Multipunto digital en UHF.
- Sistema de comunicación vía satélite en la banda Ku.

La configuración general del sistema, es en forma de estrella, estando como nodo central de recolección de la información el centro de control de SCADA, con un sitio de respaldo y de contingencia y diversas consolas de información remota que están ubicadas en los sectores en donde se controla determinada cantidad de instalaciones.

Para enlazar las instalaciones remotas a las estaciones de microondas (maestras), se utilizan sistemas de radiocomunicación digital punto-multipunto en la banda de UHF a 4.8 Kbps, además de estaciones terrenas para transmisión de datos de baja velocidad (9.6 kbps) y enlaces físicos por medio de módem y cables. Toda la información colectada por estos medios se concentra en el centro administrativo de PEMEX en la Cd. De México.

Modem-cable; se utiliza en las estaciones que están cerca de una estación de microondas (distancia no mayor a 300 m o que exista ductería telefónica), siempre y cuando no exista una estación maestra de UHF en dicha estación de microondas.

Radio maestro UHF; estos sistemas son utilizados en diversas estaciones de microondas y estaciones terrenas, con el propósito de agrupar una o más instalaciones y aprovechar el canal de telecomunicación para enviar la información a la Cd. de México.

Radio remoto UHF; se utilizan en estaciones que se encuentran dentro de un área no mayor a 45 Km. de una estación de microondas a estaciones terrenas asociadas con radio UHF, siempre y cuando exista línea de vista (esto es que no exista algún obstáculo entre ellas) y no se requiera una torre mayor de 40 m. para lograr el enlace.

Sistema Satelital; las estaciones terrenas son utilizadas para comunicar aquellos sitios donde no se cuenta con cobertura de los sistemas de microondas. En algunos sitios se utiliza en combinación con los equipos de UHF para enlazar a la Cd. de México una o varias RTU's.

4.11 Jerarquía de la red.

Se pueden definir tres jerarquías para definir el nivel crítico de las estaciones.

Primer Nivel: Estaciones con el nivel más crítico, XT-097 (México, D.F.) estación que concentra la información de todas las estaciones involucradas en el proyecto; tanto vía satélite como vía radio. La



estación XT-094 entra en este nivel debido a que operará con sitio de contingencias y tomará el control una vez que exista algún problema en el centro de control principal.

Segundo Nivel: Estaciones con nivel crítico mediano; Estaciones de Telecomunicaciones, ya que concentran a varias estaciones remotas.

Tercer Nivel: Estaciones con nivel crítico bajo; estaciones remotas, debido a que si no opera el equipo de comunicación solo una estación se quedaría sin control remoto.



5 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA EN EL SISTEMA DE TRANSPORTE DE GAS NATURAL.

Se desarrolló la Ingeniería Básica y especificaciones para Automatizar la Red Nacional de Gas Natural e Integración del Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA).

La función de los Centros de Control Principal y de Contingencia, consiste en el envío de comandos de control y obtención de datos de las instalaciones en tiempo real. Los datos adquiridos se almacenarán a nivel central en base de datos, relacionando lo que servirá como fuente de información para las áreas administrativas, operativas y comerciales.

La función de los CIR's es proporcionar información acerca de las condiciones operativas de las instalaciones. Además tienen la capacidad de ejercer el control y monitoreo de dichas instalaciones de una manera limitada.

El objetivo primordial de este sistema es proporcionar a los operadores la capacidad de monitorear y controlar, desde los centros de trabajo, el funcionamiento de las instalaciones antes mencionadas, a través de enlaces dedicados de comunicaciones.

5.1 SCADA Específico de PGPB.

Un sistema SCADA de PGPB está constituido de una Unidad terminal maestra (MTU) y una o más Unidades Terminales Remotas (RTU), a lo largo de toda la república mexicana.

Una característica fundamental que tiene el sistema SCADA de PGPB es la habilidad para comunicarse usando una variedad de métodos diferentes. Esto lo hace especialmente útil en la adquisición de información para y desde lugares remotos, o desde otros sistemas digitales. El SCADA es capaz de comunicarse a través de líneas telefónicas, radios UHF/VHF, sistemas de microondas, sistemas satelitales y sistemas de alta velocidad como fibra óptica.

Para PGPB el CCP opera con un sistema **SCADA OASyS V6.0 de Valmet**, los componentes críticos se configuran en pares redundantes los cuales son:

- **Servidores CMX (SCADA)**
- **Servidores XIS (históricos)**
- **Discos históricos (en espejo)**
- **Equipo de comunicación con los SPC's**
- **Red de área local (red TCP/IP dual)**
- **Consolas de operación**

El CCC es una copia del CCP, excepto que no tendrá componentes redundantes. El CCP y el CCC (offsite backup center), se comunicarán mediante ruteadores a través de la red WAN con un ancho de banda de 512 Kbps.



El lazo de comunicación primario del CCP con los equipos de campo, es a través de líneas dedicadas, **enlaces vía satélite, transmisión por radio y la red telefónica conmutada.**

5.2 Automatización.

El SACADA de PGPB cuenta con la **Automatización** de instalaciones, cubriendo 7 tipos de instalaciones para Gas natural, entre las cuales se encuentra las estaciones de compresión, medición, medición y regulación, trampas de envío y recibo, etc. La infraestructura existente de **Telecomunicaciones** de Petróleos Mexicanos (PEMEX) provee los medios de comunicación entre el Centro de Control Principal, el Centro de control de contingencias y las estaciones remotas. Para los enlaces entre los Centros de Control y los Centros de Información Remota se utiliza la Red de área amplia de datos (WAN) de Pemex Gas y Petroquímica Básica.

Los equipos de campo son las **RTU's de Woodward.**

Las comunicaciones con los equipos de campo desde el CCC se realizarán a través de los canales de comunicación primarios.

En condiciones normales, la comunicación entre los SPC's y/o los PLC's y el SCADA en el CCP se da a través de **los Xyplex Terminal Servers** como se describe a continuación:

- El SCADA en el CCP se comunica con los RTU's mandando un mensaje (poll) a través de los Xyplex y el Digital Bridge. El RTU responde mandando un mensaje de respuesta al organizador del SCADA en el CCP.
- Se cuenta con líneas dedicadas para módem y otros equipos de comunicación.

Cuando el CCP falla o se encuentre amenazado, el control del SCADA puede ser transferido manualmente al CCC. Las comunicaciones entre el CCC y los RTU's se hace a través de las líneas de comunicación primaria conectadas al Xyplex de la red LAN del CCC.

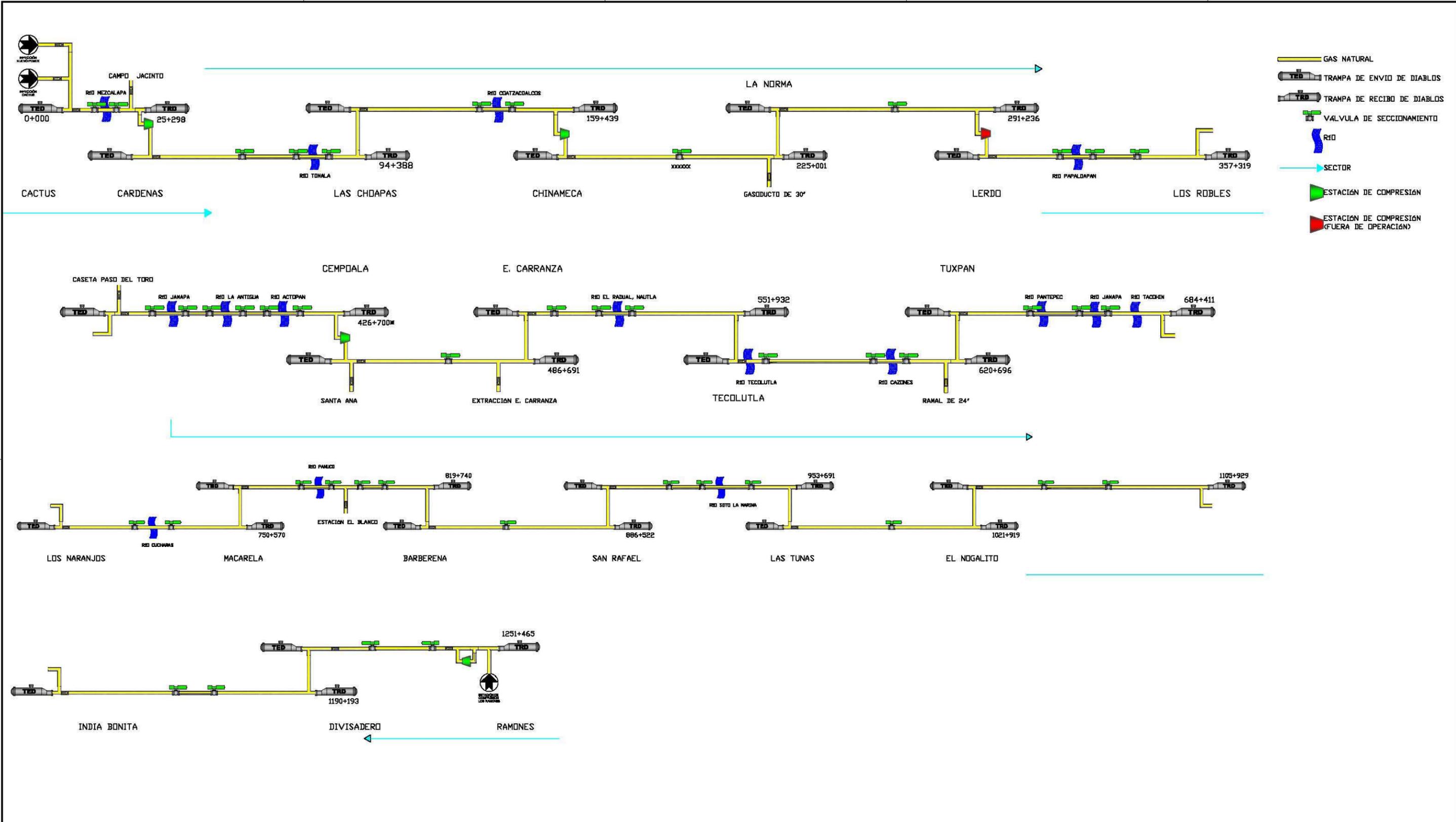
5.3 Descripción de tipos de estaciones.

Dentro del Sistema de Ductos de Gas Natural existen seis tipos generales de estaciones con diferentes filosofías de control de SCADA como es presentado a continuación.

- Tipo 1 Válvulas de Seccionamiento, Trampas de Diablos
- Tipo 2 Válvulas de Seccionamiento, Trampas de Diablos
- Tipo 3 Estaciones de Medición y Terminales sin análisis de calidad de gas.
- Tipo 4 Estaciones de Medición y Terminales con análisis de calidad de gas.
- Tipo 5 Estaciones de Medición y Compresión con telemetría solamente
- Tipo 6 Estaciones de Compresión con automatización total
- Tipo 7 Estaciones de Medición de gas para C.F.E

Se partirá de una Visión General de la Automatización de Estaciones

Ver el siguiente Unifilar Sistema de Transporte del Gasoducto de 48" - 42" de diámetro Cactus - Los Ramones



REVISIONES					DIBUJOS DE REFERENCIA					DIBUJO		ING.		FECHA		APROBADO POR P.P.P.		ELABORACIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE LA RED DE DUCTOS DE GAS NATURAL	
REV.	DESCRIPCIÓN	FECHA	POR	Vo.Bo.	NUM.					ELABORÓ	NO.								
A	PARA COMENTARIOS	24/Oct/13	CMA	LGM						ING.	DRG	24-OCT-13							
										ING.	DRG	24-OCT-13							
										ING.	DRG	24-OCT-13							
										ING.	DRG	24-OCT-13							
										ING.	DRG	24-OCT-13							

A EDICION 15-01-13	ELABORADO EN MEXICO DF.	FECHA: DICIEMBRE-2012	ESCALA: 8N	ASOCIACION EN S.M.	No. CONTRATO : 428812810 (D.S.08-2012) LUGAR :	UNIFILAR CACTUS-LOS RAMONES P-100-AS	REV. A
---------------------------------	-------------------------	-----------------------	------------	--------------------	---	---	-----------



5.4 Válvulas de Seccionamiento.

El término Válvula de Seccionamiento es usado para referenciar los siguientes sitios de válvulas en el ducto:

- Válvulas de seccionamiento
- Válvulas de seccionamiento con trampas de diablos
- Válvulas Laterales (troncales)

Todas las Válvulas de Seccionamiento ligadas al SCADA están equipadas con un actuador de válvula para el cierre automático de la válvula cuando es detectada una baja presión en el ducto (ruptura de línea). En algunos sitios las válvulas se enlazan a la red del SCADA vía un sistema de telemetría.

Los Sistemas Automatizados de las Estaciones tienen las funciones siguientes:

En todos los sitios:

Cierre automático de Válvulas de Seccionamiento por detección de ruptura de línea

En Todos los Sitios Telemedidos:

Interfase a la red del SCADA

Cierre y Apertura Remoto de Válvulas de Seccionamiento

Monitoreo de parámetros físicos misceláneos como presión del ducto, estado de las Válvulas de Seccionamiento.

Interface Máquina Hombre local.

5.5 Estaciones de Medición.

Las instalaciones de medición de Pemex son llamadas "Terminales de Medición" o "Estaciones de Medición". Las Terminales de Medición son instalaciones donde la medición de volumen de Gas Natural se requiere principalmente para la operación del ducto. Las Estaciones de Medición son las instalaciones donde la medida de volumen de Gas Natural se requiere principalmente para propósitos de facturación.

Los sistemas Automatizados de la Estación proporcionarán las funciones siguientes:

Interfase a la red del SCADA.

Medición electrónica de flujo

Control de presión y/o flujo Proporcional, Integral y Derivativo (PID).

Control de Apertura/Cierre de válvulas de la estación (por ejemplo Run Switching)

Monitoreo de parámetros físicos misceláneos como temperatura del ambiente.

Interface Máquina-Hombre local.



5.6 Estaciones de Compresión.

La actualización y mejora de la automatización, en las estaciones de compresión, es primeramente requerida para mantener el enlace a la red del SCADA por medio de la telemetría de la estación y los parámetros de proceso de la unidad principalmente. El control de las unidades de compresión es llevado a cabo por los sistemas de control existentes.

El Sistema de Automatización de la Estación proporcionará las funciones siguientes:

Interfase a la red del SCADA.

Medición electrónica de flujo (AGA3/5/8)

Control de presión y/o flujo Proporcional, Integral y Derivativo (PID).

Control de apertura/cierre de válvulas de la estación.

Monitoreo de parámetros físicos misceláneos como temperatura del ambiente.

Interface Máquina -Hombre local.

Análisis de Calidad de Gas

5.7 Modos de Operación.

El sistema automático diseñado debe permitir un permanente control y monitorización, evitando en la medida de lo posible la intervención humana, siempre y cuando el sistema de comunicación esté en correcto funcionamiento.

Existe la posibilidad de combinar estos modos de control entre sí, de manera que mientras algunos colectores están funcionando en automático, otros lo harán en manual. En el caso del control de cada pozo individualmente, no existe esta posibilidad. Si alguno de los elementos que componen el pozo está siendo operado manualmente, todo el pozo estará siendo controlado de esta manera. Será responsabilidad del operario no interrumpir ninguna tarea automática importante llevada a cabo por el sistema ya que, al cambiar a modo manual en algún elemento, éstas se interrumpirán.³⁰

Los Sistemas de Automatización de Estaciones se diseñaron para soportar los modos de control siguientes:

5.7.1 Control Remoto.

Permite todos los comandos de control desde el Centro de Control del SCADA.

Desactiva todos los comandos de las estaciones locales.

El Operador de Control del SCADA tendrá las siguientes capacidades de operación proporcionadas a través de la red del SCADA:

Desplegados de datos de proceso de la Estación.

Desplegados de información de alarmas.

³⁰ <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5069/fichero/4.-+FILOSOF%C3%89+CDA+Y+REQUISITOS+DE+CONTROL.pdf>



Habilidad para asignar puntos de ajuste para flujo y/o presión.
Habilidad para abrir y/o cerrar remotamente las válvulas del ducto.

5.7.2 Control Automático Local.

Desactiva todos los comandos de control del Centro de Control del SCADA.
Habilita todos los comandos de la estación local.

El operador de la estación local tendrá las siguientes capacidades de operación automáticas proporcionadas a través del sistema automático de estación:

Despliegados de datos de proceso que incluyen datos calculados de la medición y alarmas.
Habilidad para introducir los parámetros de medición de flujo requeridos como la composición de gas, tamaño de placa de orificio, tamaño de medidor en turno y condiciones base.

Habilidad para poner a la terminal en modo de control remoto o local.
Habilidad para introducir localmente puntos de ajuste para control de flujo o de presión.

5.7.3 Control Manual Local.

Desactiva todos los comandos de control desde el Controlador Programable de Estación.
Permite posicionamiento manual de válvulas.

El operador de la estación local tendrá la capacidad de operación manual siguiente:

Habilidad para controlar manualmente la posición de las válvulas:

Todas las válvulas de control controladas por SPC están equipadas con estaciones de carga neumáticas Auto/Manual, localizadas cerca de las válvulas de control. Las estaciones de carga se usarán para controlar manualmente la posición de las válvulas.

Todos los Run Switch de válvulas están equipados con un interruptor Auto/Manual y un interruptor de apertura/cierre, localizados en el SPC tablero de control. Posicionando el interruptor Auto/Manual en Manual, el operador puede abrir o cerrar la válvula.

Una alarma se genera siempre que una válvula se ponga en manual.

5.8 Filosofías de Control y Operación.

5.8.1 Tipo 1 - Válvulas con Control Local.

Estas son las estaciones principales que corresponden a las válvulas de seccionamiento, válvulas troncales y diferentes tipos de trampas de diablos. El alcance de funcionamiento está limitado solamente al control neumático local de estas instalaciones con el propósito de proporcionar protección en el caso de una rupturas de línea.

5.8.2 Tipo 2 - Válvulas de Seccionamiento.

Este tipo de estaciones corresponde tanto a las válvulas de seccionamiento, válvulas troncales como a las que se encuentran en trampas de diablos. Para estas estaciones el alcance del funcionamiento está limitado solamente al control hidráulico (Todo – Nada) de estas instalaciones con el propósito de



proporcionar protección en el caso de ruptura de línea (seccionamiento de la línea en caso de caída de presión por debajo de los valores prefijados), opcionalmente pueden realizarse seccionamientos manuales o remotos por otras razones tales como intervenciones de mantenimiento o por estrategias fijadas desde el CCP o CCC. Las válvulas de seccionamiento están equipadas con un actuador activado de gas/aceite para poder aislar tramos del gas natural por medio del cierre automático de la válvula en el caso de una ruptura de línea. También la estación cuenta con transmisores de presión.

Estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación (SPC) el cuál ejercerá el control de la instalación, así como la comunicación con el sistema SCADA son a través del sistema de Telecomunicaciones .

5.8.3 Tipo 3 – Estaciones y Terminales de Medición sin Análisis de Calidad de Gas.

Estas son las estaciones y terminales de medición en las que se instalaron controladores programables de estación para la medición electrónica de flujo y el control local y remoto de dichas instalaciones y en algunos casos la regulación de la presión de entrega a los clientes de PGPB. En las instalaciones que cuentan con más de un tubo de medición se instaló un sistema automático de conmutación de tubos de medición a través del controlador programable de estación (SPC). Se equiparon las estaciones de regulación de presión con equipo e instrumentación para permitir el control local - remoto y un monitoreo de estas instalaciones desde los centros de control. El control de presión o flujo de estas estaciones es efectuará por medio del punto de ajuste (setpoint) local o remoto dependiendo del modo de operación de proyectos o flujo de la estación. Se requirió de la instalación de equipo e instrumentación para el control local y remoto de las instalaciones así como de equipos de telecomunicaciones para proporcionar los enlaces para que estos sitios sean integrados al sistema SCADA. Para la ubicación y control de instrumentos se dispone de una caseta de control.

5.8.4 Tipo 4 Estaciones y Terminales de Medición con análisis de Calidad de Gas.

Lo conforman estaciones y terminales de medición, las cuales cuentan y/o requieren de equipo para el análisis de la calidad de gas tal como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, de azufre total y de humedad. Las funciones realizadas en estas instalaciones incluyen todas las funciones descritas para las Estaciones del Tipo 3. El control local de estas instalaciones incluye la medición electrónica de flujo de acuerdo a las normas de transferencia electrónica de custodia y el control analógico (algoritmo proporcional, integral y derivativo) de las instalaciones basada en un punto de ajuste (setpoint) local o remoto según el modo de operación de la estación.

5.8.5 Tipo 5 – Estaciones de Medición y Estaciones de Compresión con telemetría.

Estas son las estaciones y terminales de medición de gas natural que manejan grandes volúmenes, incluyendo estaciones de importación y exportación. Estas estaciones generalmente cuentan con múltiples tubos de medición por lo que estas instalaciones cuentan con sistemas de control y monitoreo que proporcionarán la conmutación de estos tubos. Algunas de las estaciones de medición tienen equipo para el análisis de la calidad de gas tales como cromatógrafos de gas, analizadores de ácido sulfhídrico, analizadores de azufre total y analizadores de humedad, bajo este alcance de trabajo se encuentran cubiertas 4 estaciones de compresión donde se está considerando que no requieren una modernización completa del sistema de control y monitoreo actuales.



5.8.6 Tipo 6 – Estaciones de Compresión con automatización Total.

La automatización de estas tres estaciones deberá permitir la operación sin personal. Los comandos remotos de arranque y paro de las unidades y el control de los puntos de ajuste de la presión de descarga de la estación deberán suministrarse a través del sistema SCADA desde los centros de control.

Los datos de información de los estados y alarmas podrán monitorearse desde los centros de control o a través del sistema local de interfaces, cada una de estas tres estaciones cuentan con dos turbinas GE LM2500 y dos compresores 7.5P Dresser Rand.

Contarán con la modernización del sistema de control de cada unidad así como del tablero de control de la estación.

Dentro de los otros sistemas de control a ser actualizados se encuentran el control y monitoreo de los motogeneradores APU, Los sistemas de detección y extinción de fuego, sistemas de detección de Mezcla Explosiva, sistema de paro de emergencia de la unidad y de la estación.

Lerdo requiere una modernización completa del sistema de automatización (control y monitoreo actual) con tecnología de punta.

5.8.7 Tipo 7 – Estaciones de Medición de gas para C.F.E.

Este tipo incluye estaciones de medición y regulación de gas de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E). Estas estaciones se operan automáticamente, a través de un SPC que se enlazara el sistema SACADA



6 ANÁLISIS DE LA OPERABILIDAD DEL SISTEMA MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE MODO FALLA Y EFECTO (FMEA).

Con la finalidad de mejorar la rentabilidad de los procesos productivos, dedican enormes esfuerzos para visualizar, analizar, implantar y ejecutar estrategias para la solución de problemas, que involucren decisiones en áreas de alto impacto: seguridad, ambiente, metas de producción, calidad de productos, costos de operación y mantenimiento. La mayor parte de estos esfuerzos, no sólo buscan garantizar la máxima eficiencia en sus procesos productivos, sino que adicionalmente, buscan satisfacer las necesidades de sus clientes y del personal que labora en estas organizaciones.³¹

6.1 Identificación de la Metodología.

El riesgo es inherente a todo lo que hacemos, nosotros enfrentamos riesgos continuamente, a veces conscientemente y a veces sin darnos cuenta. La necesidad de administrar el riesgo de forma sistemática aplica a todas las organizaciones e individuos y a todas las funciones y actividades dentro de una organización. Esta necesidad debe ser reconocida como de importancia fundamental. A continuación se tratará brevemente el proceso de gestión de riesgos con el objeto de establecer el contexto de los análisis de riesgos de proceso.

En la Tabla siguiente se muestra el uso típico de las metodologías de acuerdo con la etapa de vida del proyecto, aunque en ocasiones en alguna de estas etapas se puede utilizar más de una metodología.

Tabla 6.1 Típico de las metodologías de acuerdo a la etapa de vida del proyecto³².

Etapa	Lista de verificación	¿Qué pasa si?	¿Qué pasa si?/Lista de verificación	FMEA	HAZOP	AAE	AAF	AC
Investigación y desarrollo		✓	✓					
Diseño conceptual	✓	✓	✓					
Operación de planta piloto	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ingeniería de detalle	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Construcción y arranque	✓	✓	✓					
Operación rutinaria	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Expansión o modificación	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Desmantelamiento	✓	✓	✓					

³¹ LABIB, 1998.

³² GUÍAS TÉCNICAS PARA REALIZAR ANÁLISIS DE RIESGO DE PROCESO.



6.2 Selección de la metodología.

Los elementos que influyen sobre la selección de las metodologías a emplear son:

- Normatividad aplicable o compromisos contractuales.
- Los objetivos del estudio (si se desea identificar desviaciones respecto a determinada normatividad o prácticas recomendadas, una lista de verificación puede ser suficiente).
- La fase del desarrollo del sistema (fases tempranas requieren análisis menos detallados, pues no se cuenta con toda la información técnica requerida para aplicar otro tipo de evaluación).
- El tipo de sistema y peligro analizado (algunos sistemas implican un grado de complejidad que pueden exceder las capacidades de algunas metodologías).
- El nivel potencial de severidad (escenarios con niveles de severidad de consecuencias altos, requieren de metodologías más detalladas).
- Los requisitos de experiencia, entrenamiento y horas dedicadas (una metodología un poco más sencilla bien aplicada puede dar origen a mejores resultados que una metodología más compleja deficientemente aplicada, siempre y cuando cumpla con el objetivo del estudio).
- La disponibilidad de información (algunas metodologías requieren de mayor cantidad de datos).
- La necesidad de modificación - actualización de los análisis (algunas metodologías permiten una actualización o modificación más sencilla que otras).

En términos generales, la metodología empleada para realizar el análisis de riesgos debe ser la adecuada para cumplir con las siguientes características:

- Debe ser técnicamente defendible.
- Debe permitir identificar el peligro que lo origina y valorar la importancia del riesgo, así como la forma en la que este debe ser controlado.
- Debe ser trazable, reproducible y verificable.

6.3 Metodologías de análisis de Riesgo.

Estos análisis tienen como propósito identificar, analizar, evaluar y jerarquizar los riesgos que se presentan en un determinado proceso, tomando en cuenta sus posibles consecuencias y su probabilidad de ocurrencia. Posteriormente, la administración de estos riesgos se logra a través de la implantación de medidas preventivas y correctivas, que reduzcan obviamente su probabilidad de ocurrencia y/o sus posibles consecuencias, soportándolas todas ellas con un efectivo análisis costo-beneficio que permitan integrar estos proyectos a la cadena productiva, de forma segura bajo niveles de riesgo tolerables.

Por otra parte, otro uso práctico de las metodologías de análisis de riesgos descritas a continuación, son su aplicación en la investigación y desarrollo de nuevos procesos, su diseño conceptual, operación en plantas piloto, ingeniería de detalle, construcción y arranque de instalaciones,



administración de cambios de proceso, investigación de incidentes y accidentes y finalmente, una vez concluida la vida útil de una instalación, durante su desmantelamiento.

6.3.1 Listas de verificación.

Deben ser elaboradas a partir de códigos, regulaciones y estándares aplicables y deben ser aprobadas por el personal designado por PEMEX antes de ser aplicadas. El alcance debe cubrir Factores Humanos, Sistemas e Instalaciones. Deben ser tan extensas como sea necesario para satisfacer la situación específica que se analiza, debe ser aplicada de forma que permita identificar y evaluar los problemas que requieren mayor atención. Los resultados deben contener una lista de recomendaciones (alternativas) de mejoras de la seguridad (reducción del riesgo) a ser consideradas por PEMEX.

6.3.2 ¿Qué pasa sí?

Esta metodología debe involucrar el análisis de las desviaciones posibles del diseño, construcción, modificación u operación, así como cualquier preocupación acerca de la seguridad del proceso. Debe promover la lluvia de ideas acerca de escenarios hipotéticos con el potencial de causar consecuencias de interés (eventos no deseados con impactos negativos). Debe ser aplicada con el apoyo de un grupo multidisciplinario de la instalación. El resultado debe ser una lista en forma de tabla de las situaciones peligrosas, sus consecuencias, salvaguardas y opciones posibles para la prevención y/o mitigación de consecuencias.

6.3.3 Combinación Lista de Verificación y ¿Qué pasa sí?.

Al aplicar esta combinación de metodologías, se deben considerar los criterios antes descritos en particular para cada una de ellas. En base a las listas de verificación, se debe promover la lluvia de ideas acerca de escenarios hipotéticos. Deben anexarse preguntas relacionadas con cualquier preocupación acerca de la seguridad del proceso, que el grupo considere pertinentes. El resultado debe ser una lista en forma de tabla de las situaciones peligrosas, sus consecuencias, salvaguardas y opciones posibles para la prevención y/o mitigación de consecuencias.

6.3.4 Análisis de Árboles de Eventos (AAE).

En esta metodología se explora de manera sistemática la progresión de un evento iniciador y a partir de la actuación (éxito o falla) de las medidas de seguridad con las que cuenta un sistema, para evitar o mitigar resultados indeseables, se identifican todos los posibles resultados y se cuantifica la probabilidad de ocurrencia de estos. Es un método inductivo.

6.3.5 Análisis de Árboles de Fallas (AAF).

Para la aplicación de esta técnica se debe tener un entendimiento detallado acerca del funcionamiento de la instalación y del sistema, de los diagramas detallados y los procedimientos y de los modos de falla de los componentes y sus efectos. Los resultados obtenidos deben ser revisados y validados por personal de PEMEX. El contratista debe fundamentar y documentar cada uno de los valores de las tasas de falla de los equipos y dispositivos que aparezcan en el árbol de fallas, así como explicar las suposiciones, implicaciones y limitaciones del método que usa para la solución numérica (métodos rigurosos o aproximados) de los árboles de fallas analizados. La documentación de esta técnica debe contener como mínimo:



- La definición del problema.
- La construcción del árbol de fallas.
- El análisis del modelo de árbol de fallas.
- Análisis de los resultados.

El evento tope objeto de análisis debe ser identificado previamente durante la etapa de identificación de riesgos y debe especificar el "qué", "dónde" y "cuándo" ocurre el evento.

En esta metodología se identifica de manera sistemática las distintas combinaciones de eventos (conjuntos mínimos de corte) que pueden dar origen a un evento indeseado (evento tope), puede evaluar la actuación de las medidas de seguridad con las que cuenta un sistema ya sean errores humanos, fallas de equipo o eventos externos al sistema. Permite la cuantificación de la probabilidad de ocurrencia del evento indeseado. Es un método deductivo.

6.3.6 Análisis de peligros y operabilidad (HAZOP).

Debe identificar y evaluar riesgos en instalaciones de procesos, así como identificar problemas operativos, que a pesar de no ser peligrosos, podrían comprometer la capacidad de producción de la instalación (cantidad, calidad y tiempo). Debe ser aplicada con el apoyo de un grupo multidisciplinario de la instalación. La definición de los nodos debe ser conciliada con el grupo multidisciplinario. Las palabras guía deben aplicarse a los parámetros o variables de acuerdo a la intención de diseño del nodo bajo estudio, para identificar y evaluar las desviaciones potenciales de la operación de la instalación. Si las causas y las consecuencias son significativas y las salvaguardas son inadecuadas o insuficientes, se deben recomendar acciones para reducir el riesgo. Los resultados deben ser una lista en forma de tabla que contenga los hallazgos del equipo con la identificación de los riesgos del proceso, los problemas operativos, las causas, las consecuencias, las salvaguardas y las recomendaciones. En aquellos casos en que no se llegue a una conclusión debido a la falta de información se recomendará la realización de estudios posteriores.

En esta metodología se evalúa de manera sistemática cada porción de un proceso, identificando desviaciones respecto a la intención de su diseño, cómo éstas pueden ocurrir, medidas de seguridad con las que se cuenta para prevenir fallas o mitigar sus consecuencias, determinando su importancia de acuerdo a su probabilidad de ocurrencia y posibles consecuencias y proponiendo medidas preventivas o de mitigación para reforzar la seguridad.

6.3.7 Análisis de Consecuencias (AC).

Con esta metodología se estiman los posibles daños sobre el personal, la población, el medio ambiente y el negocio (instalaciones y producción), derivados de la pérdida de contención de una sustancia peligrosa (tóxica, inflamable y/o explosiva) a partir de la modelación de nubes tóxicas, incendios y explosiones. Es un método deductivo.

6.3.8 Análisis de FMEA.

El Análisis de los Modos de Falla y sus Efectos (FMEA por sus siglas en inglés Failure Modes and Effect Analysis) es un procedimiento sistemático para el análisis de sistemas e identificar sus modos de falla potenciales, sus causas y efectos en el desempeño del sistema (en el entorno inmediato del componente y el sistema o proceso en su conjunto) ya sea durante su diseño, construcción u



operación. Los análisis pueden iniciarse tan pronto como se defina suficientemente el sistema representado como un diagrama funcional de bloques donde se encuentra definido el desempeño de sus elementos.

Un análisis FMEA detallado es el resultado de un equipo compuesto por individuos calificados para reconocer y evaluar la magnitud y consecuencias de varios tipos de deficiencias potenciales del sistema que puedan conducir a fallas. Las ventajas del trabajo en equipo es que estimula el proceso de pensamiento y permite la conjunción de experiencia.

El FMEA es un método para identificar la severidad de modos de falla potencial y permite identificar las medidas para mitigar la severidad de las consecuencias y así reducir el riesgo. En algunas aplicaciones el FMEA también incluye una estimación de la probabilidad de ocurrencia de los modos de falla, de tal forma que con base en esto se pueden identificar las medidas para reducir la probabilidad de ocurrencia de los modos de falla y de esta forma reducir el riesgo. Antes de iniciar la aplicación del FMEA se debe realizar una descomposición jerárquica de los sistemas en sus elementos más básicos. Es útil emplear diagramas de bloques para ilustrar esa descomposición. El análisis inicia con los elementos del más bajo nivel. El efecto de un modo de falla a un bajo nivel puede ser la causa de un modo de falla de un componente en el siguiente nivel más alto. El análisis procede de abajo hacia arriba hasta que se identifique el efecto final en el sistema. El análisis FMEA generalmente trata con modos de falla individuales y los efectos de esos modos de falla en el sistema. Cada modo de falla se trata de manera independiente, sin relación con otras fallas en el sistema.

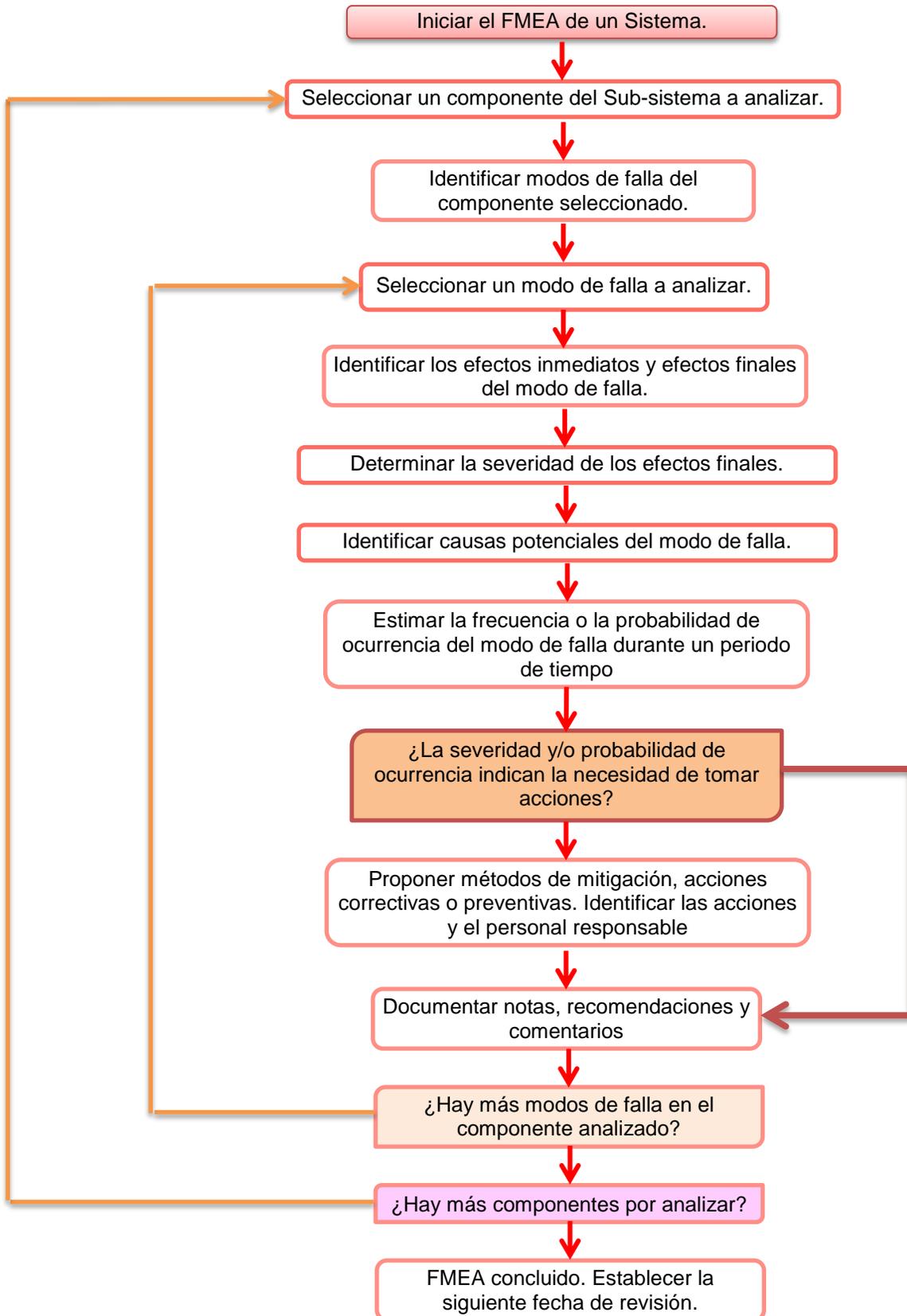
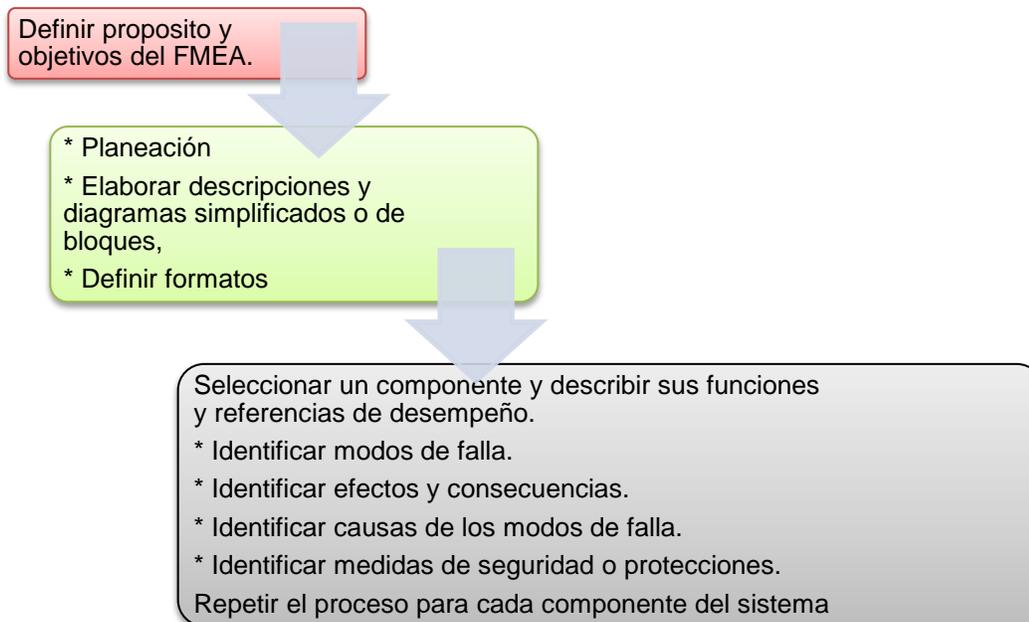


Figura 6.1 Diagrama de Bloques de la metodología de FMEA.³³



6.4 Metodología de análisis de modo falla y efecto.



34

1) Definición

- Definir propósito y objetivos del FMEA
- Seleccionar el equipo de trabajo
- Definir roles y responsabilidades de los miembros del equipo

2) Planear y programar actividades

- Planeación el estudio
- Recolectar y procesar datos (Elaborar descripciones y diagramas simplificados o de bloques, listado de componentes)
- Definir formatos de registro del análisis
- Definir el tiempo para el análisis
- Programar actividades

6.4.1 Requisitos para la aplicación de la metodología FMEA.

- Recopilación de información
DTI's, hojas de datos, hojas de estaciones, desplegados gráficos, descripción de estaciones de compresión de gas natural, información de estaciones SCADA, diagramas topográficos, descripción de dispositivos de telecomunicaciones del SCADA, filosofías de control de estaciones, red de gas natural de la región sur, norte, centro; descripción general del sistemas de telecomunicaciones para SCADA.
- Desarrollo descriptivo de datos



Esquemáticos de sector, esquemáticos de estación, lista de referencia cruzada de estaciones tipo, hojas de estaciones de sector, estaciones típicas seleccionadas de DTI's , diagramas de bloque.

1. Disponer de un esquema gráfico del proceso productivo (lay-out).
2. Seleccionar procesos/operaciones clave para el logro de los resultados esperados.
3. Crear grupo de trabajo conocedor del proceso en sus diferentes aspectos. Los miembros del grupo deberían haber recibido previamente conocimientos de aplicación de técnicas básicas de análisis de fallos y del AMFE.
4. Recabar información sobre las premisas generales del proceso, funciones de servicio requeridas, exigencias de seguridad y salud en el trabajo y datos históricos sobre incidentes y anomalías generadas.
5. Disponer de información sobre prestaciones y fiabilidad de elementos clave del proceso.
6. Planificar la realización del AMFE, conducido por persona conocedora de la metodología.
7. Aplicar técnicas básicas de análisis de fallos. Es esencial el diagrama causa- efecto o diagrama de la espina de Isikawa.
8. Cumplimentar el formulario del AMFE, asegurando la fiabilidad de datos y respuestas por consenso.
9. Reflexionar sobre los resultados obtenidos y emitir conclusiones sobre las intervenciones de mejora requeridas.
10. Planificar las correspondientes acciones de mejora.³⁵



6.4.2 Determinación de modos de falla.

El éxito en la operación de un sistema depende del desempeño de ciertos elementos críticos del sistema. La clave para evaluar el desempeño del sistema, es la identificación y evaluación de esos elementos críticos. El procedimiento para identificar modos de falla, sus causas y efectos puede ser más efectivo si se prepara previamente una lista de modos de falla considerando lo siguiente:

- El uso del sistema
- El tipo de elemento particular del sistema
- El modo de operación
- Las especificaciones operacionales
- Limitantes por tiempo
- Limitantes ambientales
- Limitantes operacionales

Cada falla individual es considerada como una ocurrencia independiente, sin relación con otras fallas en el sistema excepto por los efectos subsecuentes que pudieran producir. Sin embargo, en situaciones especiales, las fallas de causa común más de un componente del sistema pueden ser considerados.

Tabla 6.2 Ejemplo de modos de falla generales³⁶

1	Falla durante la operación
2	Falla para operar en tiempo establecido
3	Falla a detener la operación a un tiempo preestablecido
4	Operación anticipada

Prácticamente cualquier tipo de modo de falla puede clasificarse en una o más de esas categorías, sin embargo estas categorías generales son demasiado amplios en alcance para un análisis definitivo, por lo tanto la lista debe ampliarse para hacer que las categorías sean más específicas. Cuando esta información se emplea junto con las especificaciones de desempeño que determinan las entradas y salidas en los diagramas de bloques, se pueden identificar y describir todos los modos de falla potenciales. Tomar en cuenta que cada modo de falla puede tener varias causas.

Es importante que la evaluación de todos los componentes dentro de las fronteras del sistema en el nivel más bajo sea consistente con los objetivos del análisis para identificar todos los modos de falla potenciales.

Los proveedores de componentes pueden ser la fuente principal para identificar los modos de falla potenciales de dichos componentes. Para apoyar la búsqueda de modos de falla se puede tomar en cuéntalo siguiente:

- a) Para componentes nuevos, se puede tomar como referencia otros componentes similares con la misma estructura y función.
- b) Para componentes nuevos, el intento por diseño y el análisis funcional detallado puede conducir a modos de falla potenciales y sus causas. Este método es preferible al punto



anterior, debido a que aquí se toma en cuenta el esfuerzo y la misma operación, que puede ser diferente para componentes similares.

- c) Para componentes en uso, se pueden consultar los registros de operación y los datos de falla.
- d) Se pueden deducir modos de falla potenciales a partir de los parámetros típicos, tanto físicos como funcionales de la operación del componente.

6.4.3 Causas de modos de falla.

Se deben identificar y describir las causas más probables de cada modo de falla potencial. La identificación y descripción de causas de falla no siempre es necesaria para todos los modos de falla identificados en el análisis. La identificación y descripción de causas de falla, tanto como sus recomendaciones para su mitigación se deben hacer con base en los efectos de la falla y su severidad. A medida que los efectos de un modo de falla son más severos, se deben identificar y describir con mayor precisión las causas de la falla. De otro modo el analista puede dedicar esfuerzo innecesario en la identificación de causas de fallas de modos de falla que tiene poco o ningún efecto en la funcionalidad del sistema.

Cuando se analiza un diseño nuevo y si no se cuenta con experiencia previa las causas pueden identificarse a través de juicios de expertos. Cuando se identifican las causas de cada modo de falla la evaluación de las recomendaciones puede basarse en la estimación de la probabilidad de ocurrencia y la severidad de sus efectos.

6.4.4 Efectos y consecuencias de la falla.

El efecto de una falla es la consecuencia de un modo de falla en términos de la operación, función o estado de un sistema. Un efecto de una falla puede ser causado por uno o más modos de falla de uno o más componentes.

Se deben identificar, evaluar y registrar las consecuencias de cada modo de falla sobre la operación, la función o el estado del sistema. Los efectos de la falla también pueden influir el siguiente nivel y al final el mayor nivel dentro del sistema. Por lo tanto, se deben evaluar en cada nivel los efectos de las fallas en el nivel superior.

Cuando los efectos de una falla causan efectos en los componentes de los niveles bajos (en el nivel de análisis), se habla de "efectos locales". El propósito de identificar efectos locales, es asegurar la disposición de la información necesaria para evaluar posibles alternativas de acciones preventivas o correctivas que puedan recomendarse para enfrentar estos modos de falla.

Cuando los efectos de una falla causan efectos en el nivel más alto del sistema se habla de "efectos finales". Estos efectos finales resultantes de fallas múltiples, también deben documentarse en las hojas de trabajo.

Como parte de la identificación de los efectos también se documentan los métodos de detección de la falla. Así, para cada modo de falla el analista debe identificar la forma en que se detecta la falla y los medios mediante los cuales el usuario o el mantenedor tienen para identificar su ocurrencia. Por ejemplo, la detección de la ocurrencia de la falla puede estar basada en características inherentes del diseño (por ejemplo, por pruebas durante la construcción), por la aplicación de procedimientos de verificación antes de la operación del sistema o mediante la inspección durante las actividades de



mantenimiento. Esta puede ser implantada en el arranque del sistema o continuamente durante la operación o mediante intervalos preestablecidos. En los casos anteriores, la detección de la falla y su indicación debe anteceder a condiciones operativas peligrosas.

Otros modos de falla diferentes al considerado que se manifiestan de la misma forma, deben ser analizados y listados. Se deben considerar por separado los medios de detección de fallas de elementos operativos redundantes.

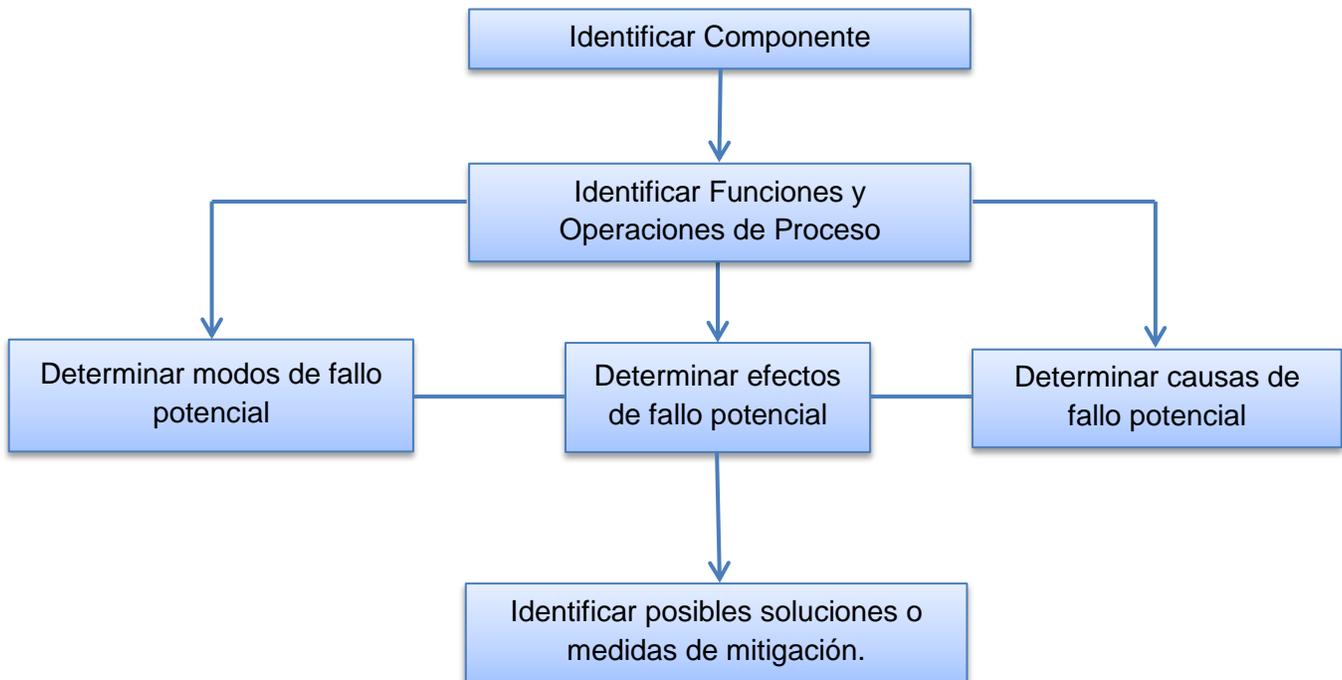


Figura 6.2 Diagrama de Bloques para análisis cualitativo.³⁷



6.4.5 Documentación.

El reporte de un FMEA puede ser incluido en un estudio más amplio o estar solo. En cualquier caso el reporte debe incluir un resumen y un registro detallado del análisis y el diagrama funcional o de bloques que define la estructura del sistema. El reporte también debe contener los diagramas simplificados en los que se basó el análisis FMEA.

La documentación del análisis FMEA incluye:

- Alcance y objetivos del análisis FMEA
- Personal participante
- Descripción y diagramas simplificados o de bloques del proceso, así como referencias a diagramas y procedimientos empleados.
- Lista de componentes analizados
- Formatos empleados para documentar el análisis FMEA, elaborados durante las reuniones de análisis, ver Tabla Formato de Análisis FMEA.
- •Recomendaciones.

Los resultados deben ser una lista de referencia sistemática y cualitativa de equipo, modos de falla y efectos, que incluya un estimado de los peores casos de acuerdo a las consecuencias que resulten de las fallas particulares. Se deben incluir recomendaciones orientadas a incrementar la confiabilidad de los equipos para mejorar la seguridad del proceso. Todos los analistas involucrados en el estudio FMEA deben estar familiarizados con las funciones y los modos de falla del equipo, y con el impacto que estas fallas pueden tener en otras secciones del sistema o la instalación. En esta metodología se evalúan de manera sistemática las posibles fallas de cada componente, porción de un equipo o proceso, identificando cómo éstas pueden ocurrir, las medidas de seguridad con las que se cuenta para prevenir su falla o mitigar sus consecuencias, considerando su ocurrencia y permitiendo reforzar las medidas preventivas o de mitigación.



Tabla 6.3 Formato de análisis FMEA.

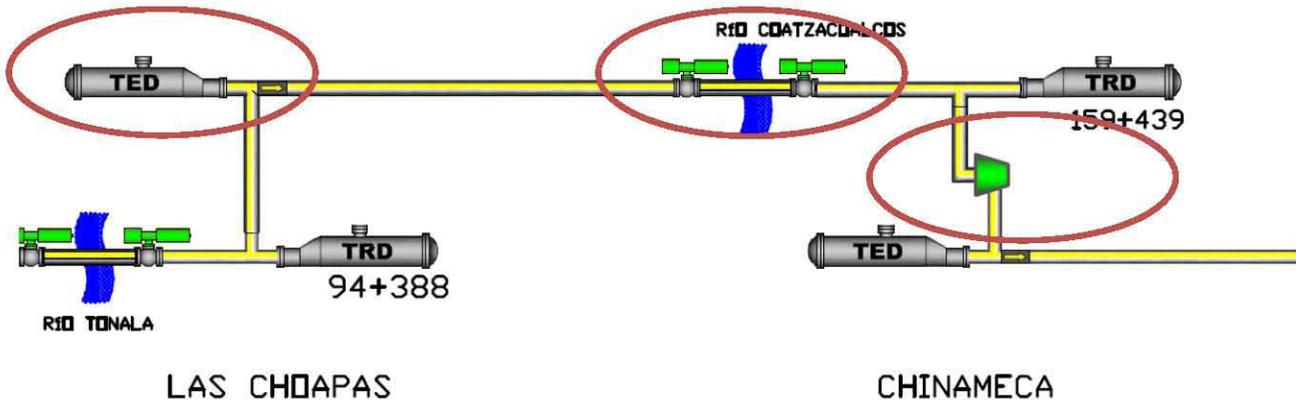
Instalación			Sistema:					Facilitador:		Fecha:	
Subsistema								Revisor:		Fecha:	
Ident	Descripción	Función	Modo de Falla	Efectos	C	Causas	F	Protecciones	R	Recomendaciones	

F= categoría d frecuencia, C= categoría de consecuencia, R= categoría de riesgo Hoja ____ de ____



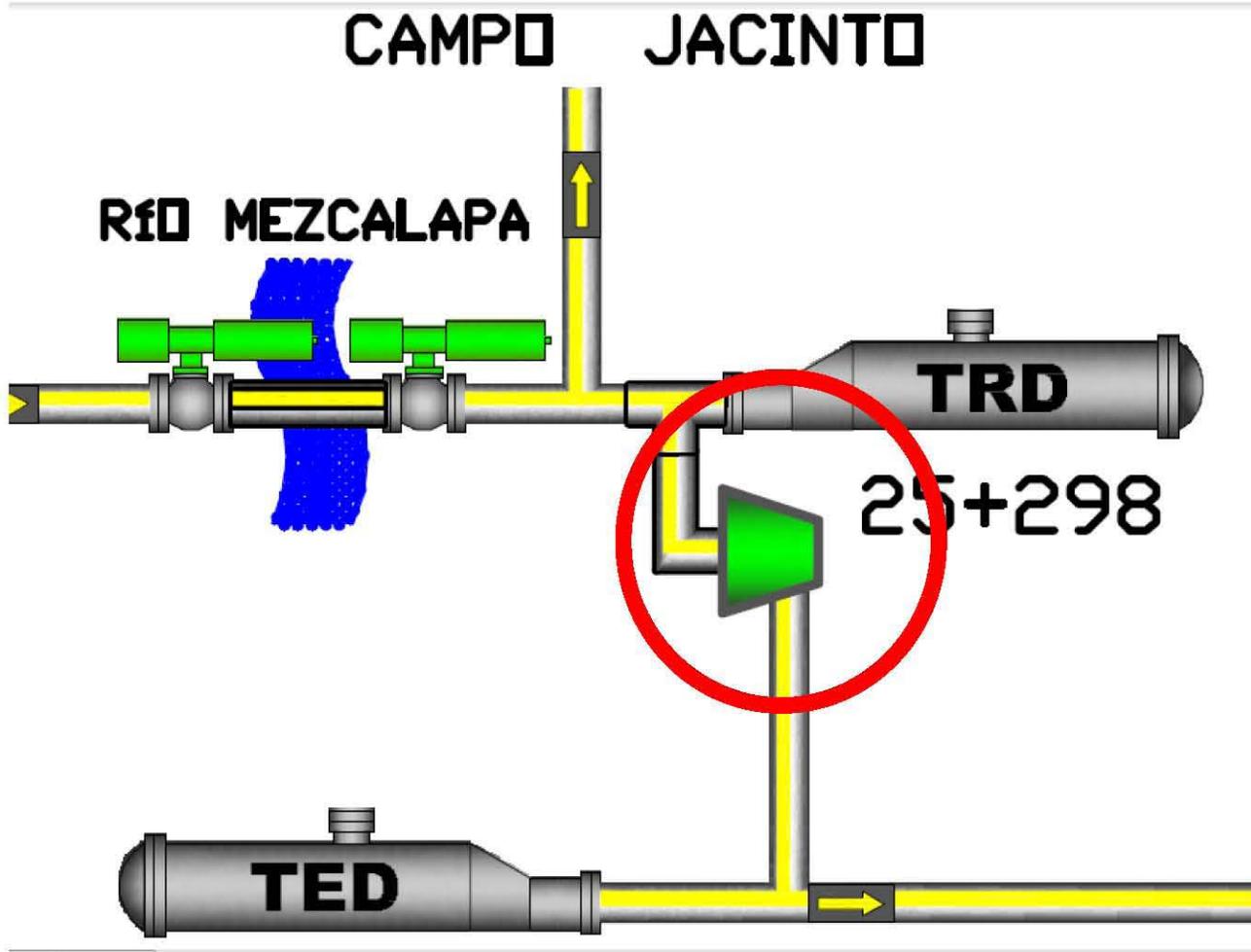
7 DESARROLLO DEL FMEA PARA LA DETERMINACIÓN DE MODOS DE FALLA PARA ANÁLISIS OPERATIVO.

7.1 Selección del Sistema o subsistemas.





7.2 Componente del equipo a Analizar.



Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Válvula de Seccionamiento (VS-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla VS-2.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
1	Equipo entre estaciones	<ul style="list-style-type: none"> No hay flujo a la estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Interrupción de suministro de gas a clientes A una presión muy baja, las válvulas OFF/ON automatizadas de la estación pueden cerrarse Alarmas por baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de Presión en el sistema, comienza con la presión de entrada a la estación 	<ul style="list-style-type: none"> Alarmas por baja presión Alarma por bajo flujo 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p>IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA2, 4,5</p> <p>IIB</p> <p>IIC1,2,4</p> <p>IID</p> <p>IIIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p>III A – G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> Alta Presión a la entrada de la estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Alta presión en la estación El operador de SCADA observara indicación de alta presión en la entrada de la estación. 		<ul style="list-style-type: none"> Las válvulas de control automático ajustarán la presión Alarmas por alta presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Baja Presión a la entrada de la Estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de gas para los clientes. Las válvulas OFF/ON de la estación podrán cerrar si se presenta muy baja presión. Alarmas por baja presión. Alarmas por bajo flujo 	<ul style="list-style-type: none"> Posible Ruptura en la línea corriente arriba de la Estación. Cierre parcial de la válvula de seccionamiento a la entrada de la estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión en la entrada de la Estación. Sistema de cierre por Ruptura de Línea. Paro de Estación por baja presión Alarma por bajo flujo. 		

Tabla 7.1 FMEA VS-2

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Válvula de Seccionamiento (VS-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla VS-2.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
2	Válvula OFF/ON a la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción de gas a clientes • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula, con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Si el operador no abre la válvula, todas las válvulas cerrarán debido a una baja presión y puede presentarse un paro de estación • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Alarma por cierre de válvula (indicación en cuarto de control) 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<p>Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga y la válvula cierra automáticamente debido a una baja presión, las válvulas corriente abajo podrían cerrar también debido a una muy baja presión. 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Válvula de Seccionamiento (VS-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla VS-2.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
3		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica o de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta cuando el operador de SCADA necesite cerrarla. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la succión de la estación Interruptores de posición de la válvula Alarma por cierre de válvula 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula está en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula está en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la entrada de la estación 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por un incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente (Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Válvula de Seccionamiento (VS-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla VS-2.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
4	Transmisor de Presión en la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor a la entrada, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor a la entrada pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la entrada de la estación, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Válvula de Seccionamiento (VS-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla VS-2.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
5	Transmisor de Presión en la descarga de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la descarga 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor a la descarga, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la descarga 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor a la descarga pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la entrada de la estación, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Válvula de Seccionamiento (VS-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla VS-2.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
6	Transmisor de temperatura de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor envía una señal falsa por alta temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta temperatura en el transmisor de la estación pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta temperatura Lecturas en campo de presión Elemento primario de temperatura en la estación 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de temperatura envía una señal falsa por baja temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja temperatura en el transmisor de estación por otro lado la operación parece normal. Lecturas erróneas de temperatura en la estación 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja temperatura Elemento primario de temperatura en la estación Lecturas en campo de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la lectura de la temperatura 		<ul style="list-style-type: none"> Elemento primario de temperatura en la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Válvula de Seccionamiento (VS-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla VS-2.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
7	Interruptor por muy alta presión	<ul style="list-style-type: none"> El Interruptor envía una señal falsa por alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el interruptor de la estación pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión Lecturas en campo de presión Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación Interruptor de presión de la estación 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Interruptor envía una señal falsa por baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el interruptor de estación por otro lado la operación parece normal. La válvula cerrará por baja presión Lecturas erróneas de temperatura en la estación 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión Paro de estación por baja presión Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación Interruptor de presión de la estación 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la lectura del interruptor en cuarto de control 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación Interruptor de presión de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Válvula de Seccionamiento (VS-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla VS-2.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
8	RTU	<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU - no hay información desde la estación. Perdida de energía para el SPC Falsa indicación de falla del RTU/SPC Falla del interruptor de la estación para control local Falla en el hardware de la computadora Falla en la tarjeta de entrada/salida Falla en Cuarto de Control por pérdida de señal (daños en la alimentación eléctrica de los cables para enviar la señal) Falla del Plotter 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observa que no hay información de la estación Interruptor de Control automático en encendido local. (permanecen las funciones automáticas) Perdida de medición- no hay facturación para el cliente Todas las válvulas permanecen en la última posición Si se pierde la energía para el SPC, las válvulas neumáticas no pueden cerrarse 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma de indicación de pérdida de potencia Indicación en control manual Alarma por falla del RTU/SPC 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU – no acepta los comandos telemedidos 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA puede solamente monitorear las operaciones 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de comando 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa Indicación de paro de estación. 	<ul style="list-style-type: none"> La estación está operando normalmente pero el operador del SCADA cree que está en paro. 		<ul style="list-style-type: none"> Indicación de control local en la pantalla del operador 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa indicación de pérdida de energía eléctrica 		<ul style="list-style-type: none"> No existe indicación de falla de energía en el centro de control del SCADA. 	<ul style="list-style-type: none"> No se presenta protección física 		



7.2.2 Trampa de Envío de Diablos(TED-1).

TED-1

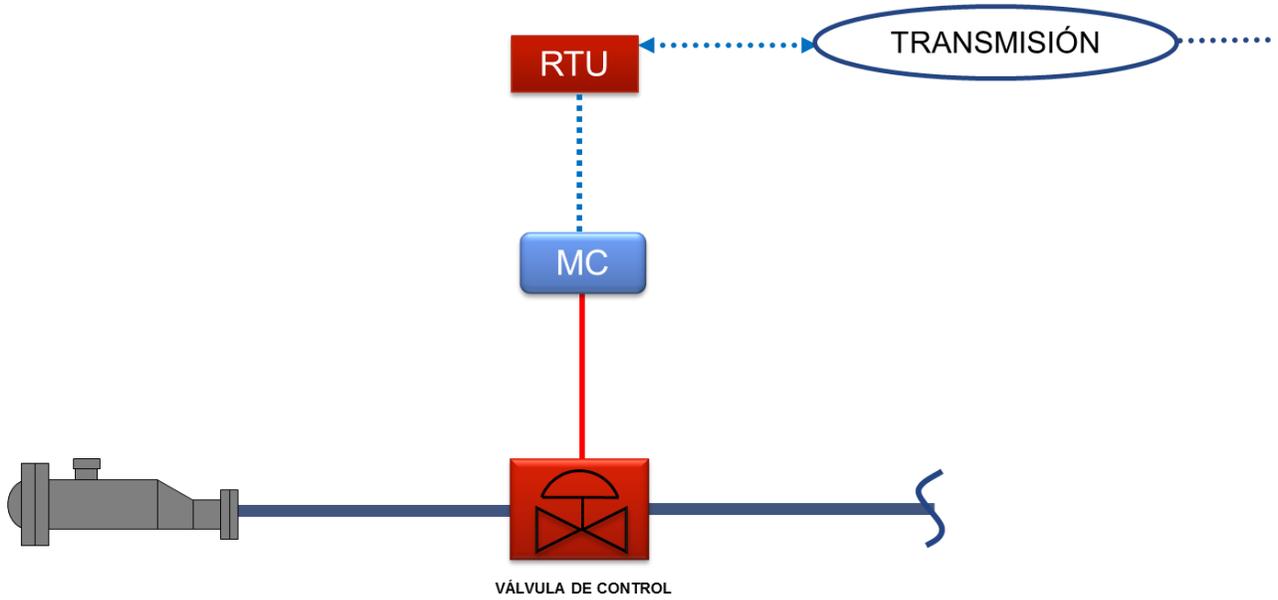


Figura 7.3 Diagrama de Bloque de Trampa de Envío de Diablos (TED-1)

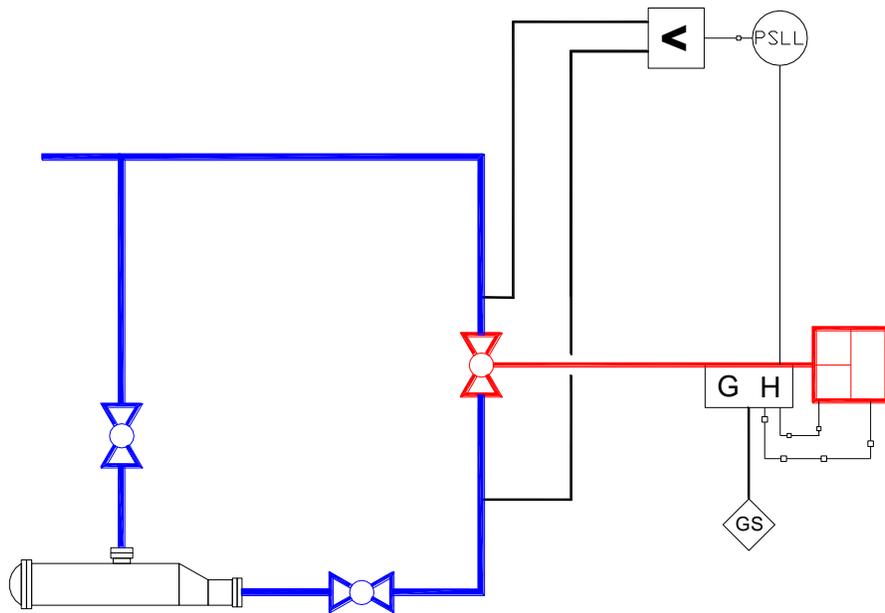


Figura 7.4 Esquema Típico Trampa de Diablos de Envío (TED-1)

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Envío de Diablos (TED-1)

No. DE DIBUJO: Plantilla TED-1.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control Neumático-Local

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
1	Equipo entre estaciones	<ul style="list-style-type: none"> No hay flujo a la estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Interrupción de suministro de gas a clientes A una presión muy baja, las válvulas OFF/ON automatizadas de la estación pueden cerrarse Alarmas por baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de Presión en el sistema, comienza con la presión de entrada a la estación 	<ul style="list-style-type: none"> Alarmas por baja presión Alarma por bajo flujo 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p>IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA2, 4,5</p> <p>IIB</p> <p>IIC1,2,4</p> <p>IID</p> <p>IIIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p>III A – G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> Alta Presión a la entrada de la estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Alta presión en la estación El operador de SCADA observara indicación de alta presión en la entrada de la estación. 		<ul style="list-style-type: none"> Las válvulas de control automático ajustarán la presión Alarmas por alta presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Baja Presión a la entrada de la Estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de gas para los clientes. Alarmas por baja presión. Alarmas por bajo flujo 	<ul style="list-style-type: none"> Posible Ruptura en la línea corriente arriba de la Estación. Cierre parcial de la válvula de seccionamiento a la entrada de la estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión en la entrada de la Estación. Sistema de cierre por Ruptura de Línea. Paro de Estación por baja presión Alarma por bajo flujo. 		

Tabla 7.2 FMEA TED-1

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Envío de Diablos (TED-1)

No. DE DIBUJO: Plantilla TED-1.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control Neumático-Local

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
2	Válvula OFF/ON a la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción de gas a clientes • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula, con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Si el operador no abre la válvula, todas las válvulas cerrarán debido a una baja presión y puede presentarse un paro de estación • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Alarma por cierre de válvula (indicación en cuarto de control) 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<p>Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga, las válvulas automáticas corriente abajo podrían cerrar debido a una muy baja presión. 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Envío de Diablos (TED-1)

No. DE DIBUJO: Plantilla TED-1.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control Neumático-Local

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
3	Interruptor por muy alta presión	<ul style="list-style-type: none"> El Interruptor actúa por una señal falsa de alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el interruptor de la estación pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Lecturas en campo de presión Medidor local de presión a la succión y descarga de la estación Recorridos del operador en campo 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Interruptor actúa por una señal falsa de baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el interruptor de estación por otro lado la operación parece normal. Lecturas erróneas de presión en la estación 		<ul style="list-style-type: none"> Paro de estación por baja presión Medidor local de presión a la succión y descarga de la estación Recorridos del operador en campo 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la lectura del interruptor en cuarto de control 		<ul style="list-style-type: none"> Medidor local de presión a la succión y descarga de la estación Lecturas en campo de presión 		



7.2.3 Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2).

TRD-2

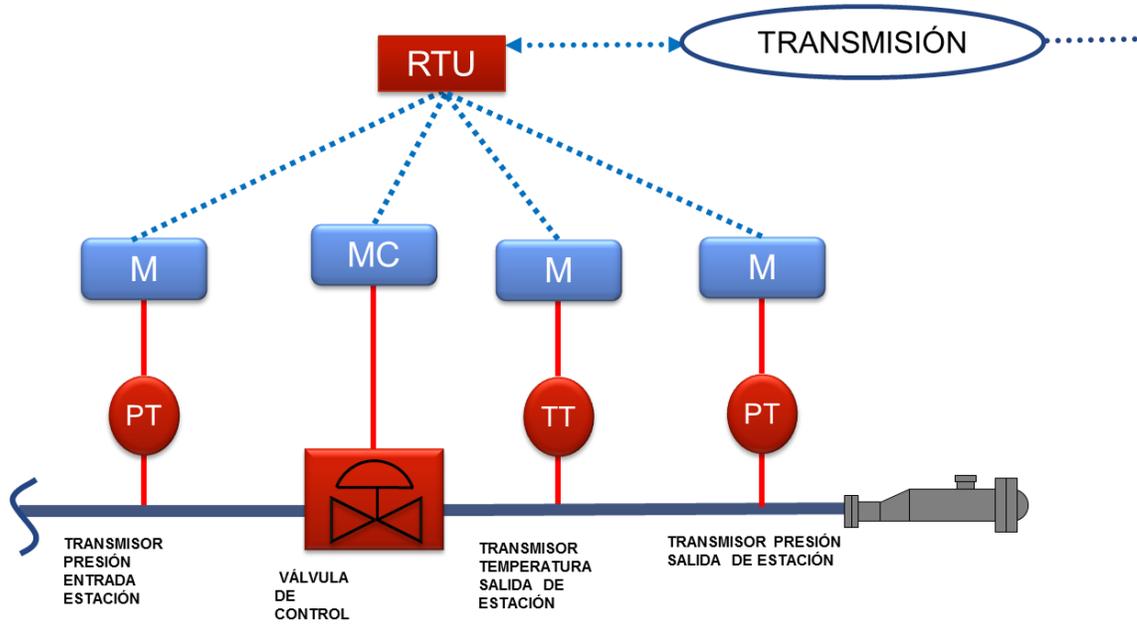


Figura 7.5 Diagrama de Bloque Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2).

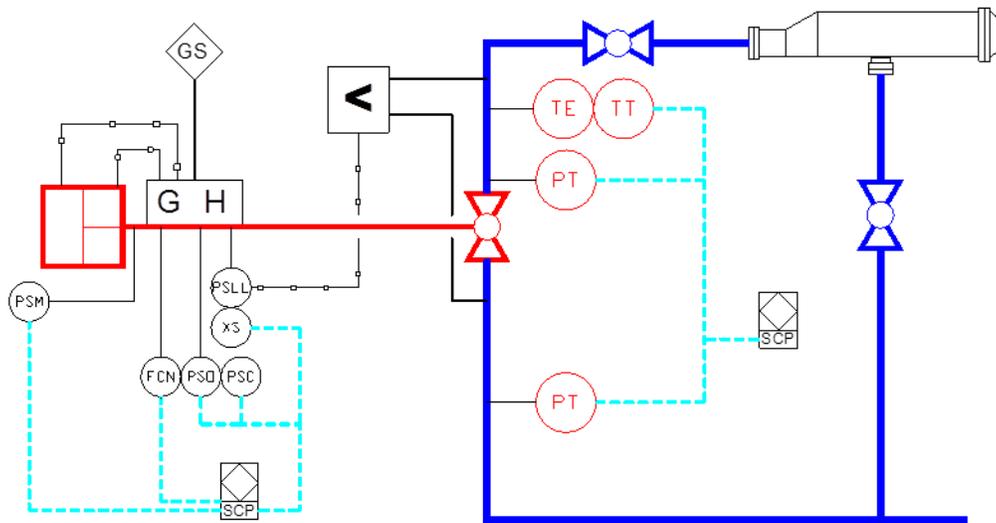


Figura 7.6 Esquema Típico Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2).

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TRD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
1	Equipo entre estaciones	No hay flujo a la estación.	<ul style="list-style-type: none"> Interrupción de suministro de gas a clientes A una presión muy baja, las válvulas OFF/ON automatizadas de la estación pueden cerrarse Alarmas por baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de Presión en el sistema, comienza con la presión de entrada a la estación No hay válvulas de control en esta estación 	<ul style="list-style-type: none"> Alarmas por baja presión 	OPERACIÓN NORMAL IA OPERACIÓN ANORMAL IIA2, 4,5 IIB IIC1,2,4 IID IIE1,2 y 4 OPERACIÓN DE EMERGENCIA III A – G	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		Alta Presión a la entrada de la estación.	<ul style="list-style-type: none"> Alta presión en la estación El operador de SCADA observara indicación de alta presión en la entrada de la estación. 		<ul style="list-style-type: none"> Las válvulas de control automático ajustarán la presión Alarmas por alta presión 		
		Baja Presión a la entrada de la Estación.	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de gas para los clientes. Las válvulas OFF/ON de la estación podrán cerrar si se presenta muy baja presión. Alarmas por baja presión. Alarmas por bajo flujo 	Posible Ruptura en la línea corriente arriba de la Estación. Cierre parcial de la válvula de seccionamiento a la entrada de la estación.	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión en la entrada de la Estación. Sistema de cierre por Ruptura de Línea. Paro de Estación por baja presión Alarma por bajo flujo. 		

Tabla 7.3 FMEA TRD-2

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TRD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
2	Válvula OFF/ON a la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción de gas a clientes • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula, con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Si el operador no abre la válvula, todas las válvulas cerrarán debido a una baja presión y puede presentarse un paro de estación • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Alarma por cierre de válvula (indicación en cuarto de control) 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga y la válvula cierra automáticamente debido a una baja presión, las válvulas corriente abajo podrían cerrar también debido a una muy baja presión. 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TRD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
3		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica o de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta cuando el operador de SCADA necesite cerrarla. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la succión de la estación Interruptores de posición de la válvula Alarma por cierre de válvula 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula está en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula está en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la entrada de la estación 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por un incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente(Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TRD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
4	Transmisor de Presión en la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor a la entrada, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor a la entrada pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la entrada de la estación, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TRD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
5	Transmisor de Presión en la descarga de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la descarga 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor a la descarga, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la descarga 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor a la descarga pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la entrada de la estación, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TRD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
6	Transmisor de temperatura de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor envía una señal falsa por alta temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta temperatura en el transmisor de la estación pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta temperatura Lecturas en campo de presión Elemento primario de temperatura en la estación 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de temperatura envía una señal falsa por baja temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja temperatura en el transmisor de estación por otro lado la operación parece normal. Lecturas erróneas de temperatura en la estación 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja temperatura Elemento primario de temperatura en la estación Lecturas en campo de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la lectura de la temperatura 		<ul style="list-style-type: none"> Elemento primario de temperatura en la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TRD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
7	Interruptor por muy alta presión	<ul style="list-style-type: none"> El Interruptor envía una señal falsa por alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el interruptor de la estación pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión Lecturas en campo de presión Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación Interruptor de presión de la estación 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Interruptor envía una señal falsa por baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el interruptor de estación por otro lado la operación parece normal. La válvula cerrará por baja presión Lecturas erróneas de temperatura en la estación 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión Paro de estación por baja presión Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación Interruptor de presión de la estación 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la lectura del interruptor en cuarto de control 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación Interruptor de presión de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa de Recibo de Diablos (TRD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TRD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
8	RTU	<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU - no hay información desde la estación. Perdida de energía para el SPC Falsa indicación de falla del RTU/SPC Falla del interruptor de la estación para control local Falla en el hardware de la computadora Falla en la tarjeta de entrada/salida Falla en Cuarto de Control por pérdida de señal (daños en la alimentación eléctrica de los cables para enviar la señal) Falla del Splitter 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observa que no hay información de la estación Interruptor de Control automático en encendido local. (permanecen las funciones automáticas) Perdida de medición- no hay facturación para el cliente Todas las válvulas permanecen en la última posición Si se pierde la energía para el SPC, las válvulas neumáticas no pueden cerrarse 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma de indicación de pérdida de potencia Indicación en control manual Alarma por falla del RTU/SPC 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU – no acepta los comandos telemididos 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA puede solamente monitorear las operaciones 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de comando 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa Indicación de paro de estación. 	<ul style="list-style-type: none"> La estación está operando normalmente pero el operador del SCADA cree que está en paro. 		<ul style="list-style-type: none"> Indicación de control local en la pantalla del operador 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa indicación de pérdida de energía eléctrica 		<ul style="list-style-type: none"> No existe indicación de falla de energía en el centro de control del SCADA. 	<ul style="list-style-type: none"> No se presenta protección física 		



7.2.4 Trampa Doble de diablos (TDD-2).

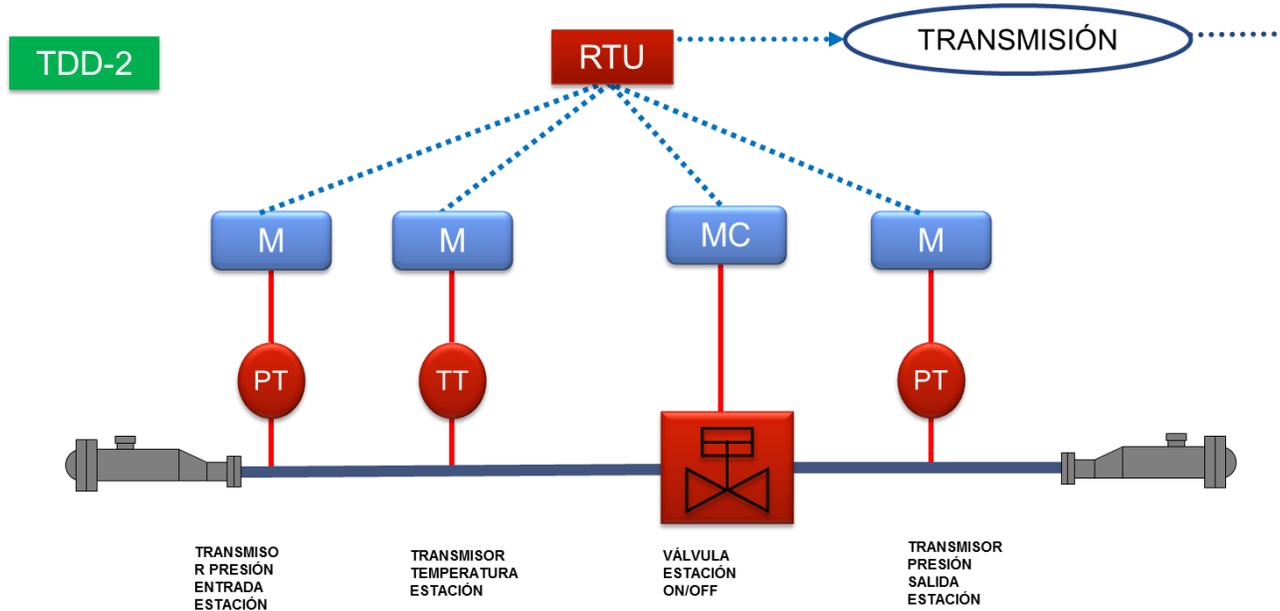


Figura 7.7 Diagrama de Bloque Trampa Doble de Diablos (TDD-2).

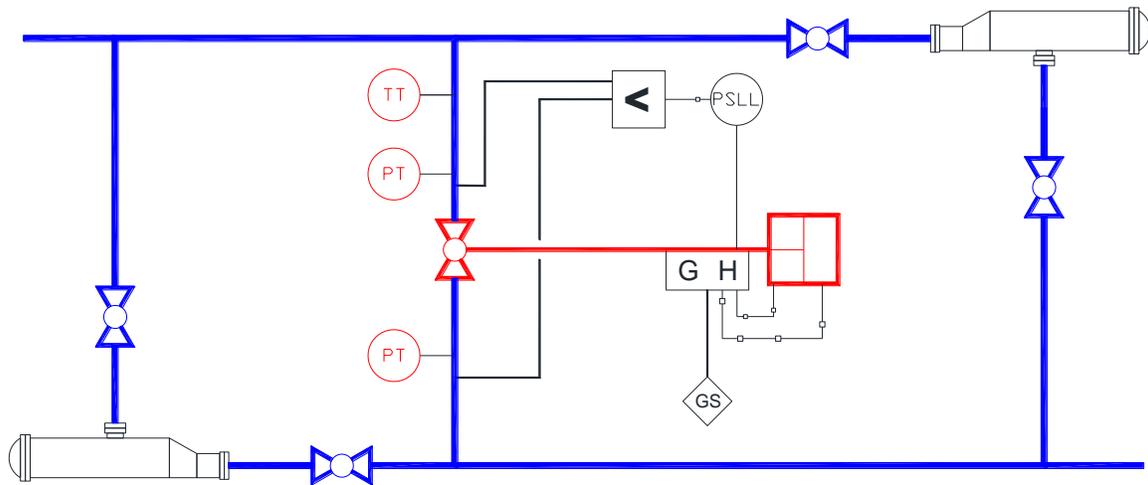


Figura 7.8 Esquema Típico Trampa Doble de Diablo (TDD-2).

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa Doble de Diablos (TDD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TDD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
1	Equipo entre estaciones	No hay flujo a la estación.	<ul style="list-style-type: none"> Interrupción de suministro de gas a clientes A una presión muy baja, las válvulas OFF/ON automatizadas de la estación pueden cerrarse Alarmas por baja presión 	Perdida de Presión en el sistema, comienza con la presión de entrada a la estación	<ul style="list-style-type: none"> Alarmas por baja presión 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p>IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA2, 4,5</p> <p>IIB</p> <p>IIC1,2,4</p> <p>IID</p> <p>IIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p>III A – G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		Alta Presión a la entrada de la estación.	<ul style="list-style-type: none"> Alta presión en la estación El operador de SCADA observara indicación de alta presión en la entrada de la estación. 		<ul style="list-style-type: none"> Las válvulas de control automático ajustarán la presión Alarmas por alta presión 		
		Baja Presión a la entrada de la Estación.	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de gas para los clientes. Las válvulas OFF/ON de la estación podrán cerrar si se presenta muy baja presión. Alarmas por baja presión. Alarmas por bajo flujo 	<p>Posible Ruptura en la línea corriente arriba de la Estación.</p> <p>Cierre parcial de la válvula de seccionamiento a la entrada de la estación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión en la entrada de la Estación. Sistema de cierre por Ruptura de Línea. Paro de Estación por baja presión Alarma por bajo flujo. 		

Tabla 7.4 FMEA TDD-2

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa Doble de Diablos (TDD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TDD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
2	Válvula OFF/ON a la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción de gas a clientes • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula, con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Si el operador no abre la válvula, todas las válvulas cerrarán debido a una baja presión y puede presentarse un paro de estación • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Alarma por cierre de válvula (indicación en cuarto de control) 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga y la válvula cierra automáticamente debido a una baja presión, las válvulas corrientes abajo podrían cerrar también debido a una muy baja presión. 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa Doble de Diablos (TDD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TDD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
3		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica o de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta cuando el operador de SCADA necesite cerrarla. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la succión de la estación Interruptores de posición de la válvula Alarma por cierre de válvula 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula está en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula está en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la entrada de la estación 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por un incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente(Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa Doble de Diablos (TDD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TDD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
4	Transmisor de Presión en la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor a la entrada, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor a la entrada pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la entrada de la estación, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa Doble de Diablos (TDD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TDD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
5	Transmisor de Presión en la descarga de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la descarga 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor a la descarga, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la descarga 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor a la descarga pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la entrada de la estación, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa Doble de Diablos (TDD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TDD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
6	Transmisor de temperatura de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor envía una señal falsa por alta temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta temperatura en el transmisor de la estación pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta temperatura Lecturas en campo de presión Elemento primario de temperatura en la estación 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de temperatura envía una señal falsa por baja temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja temperatura en el transmisor de estación por otro lado la operación parece normal. Lecturas erróneas de temperatura en la estación 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja temperatura Elemento primario de temperatura en la estación Lecturas en campo de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de temperatura 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la lectura de la temperatura 		<ul style="list-style-type: none"> Elemento primario de temperatura en la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa Doble de Diablos (TDD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TDD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
7	Interruptor por muy alta presión	<ul style="list-style-type: none"> El Interruptor envía una señal falsa por alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el interruptor de la estación pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión Lecturas en campo de presión Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación Interruptor de presión de la estación 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Interruptor envía una señal falsa por baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el interruptor de estación por otro lado la operación parece normal. La fábula cerrará por baja presión Lecturas erróneas de temperatura en la estación 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión Paro de estación por baja presión Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación Interruptor de presión de la estación 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la lectura del interruptor en cuarto de control 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación Interruptor de presión de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Trampa Doble de Diablos (TDD-2)

No. DE DIBUJO: Plantilla TDD-2

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estaciones donde el funcionamiento está limitado a control TODO/NADA y con el propósito de proporcionar protección en el caso de ruptura de línea, estas estaciones tienen una caseta de instrumentos, además requieren un controlador programable de estación y un sistema de Telecomunicaciones que realizará la función del sistema SCADA

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
8	RTU	<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU - no hay información desde la estación. Perdida de energía para el SPC Falsa indicación de falla del RTU/SPC Falla del interruptor de la estación para control local Falla en el hardware de la computadora Falla en la tarjeta de entrada/salida Falla en Cuarto de Control por pérdida de señal (daños en la alimentación eléctrica de los cables para enviar la señal) Falla del Splitter 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observa que no hay información de la estación Interruptor de Control automático en encendido local. (permanecen las funciones automáticas) Perdida de medición- no hay facturación para el cliente Todas las válvulas permanecen en la última posición Si se pierde la energía para el SPC, las válvulas neumáticas no pueden cerrarse 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma de indicación de pérdida de potencia Indicación en control manual Alarma por falla del RTU/SPC 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU – no acepta los comandos telemididos 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA puede solamente monitorear las operaciones 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de comando 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa Indicación de paro de estación. 	<ul style="list-style-type: none"> La estación está operando normalmente pero el operador del SCADA cree que está en paro. 		<ul style="list-style-type: none"> Indicación de control local en la pantalla del operador 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa indicación de pérdida de energía eléctrica 		<ul style="list-style-type: none"> No existe indicación de falla de energía en el centro de control del SCADA. 	<ul style="list-style-type: none"> No se presenta protección física 		



7.2.5 Estación de Medición y Regularización sin análisis de calidad (EM-3).

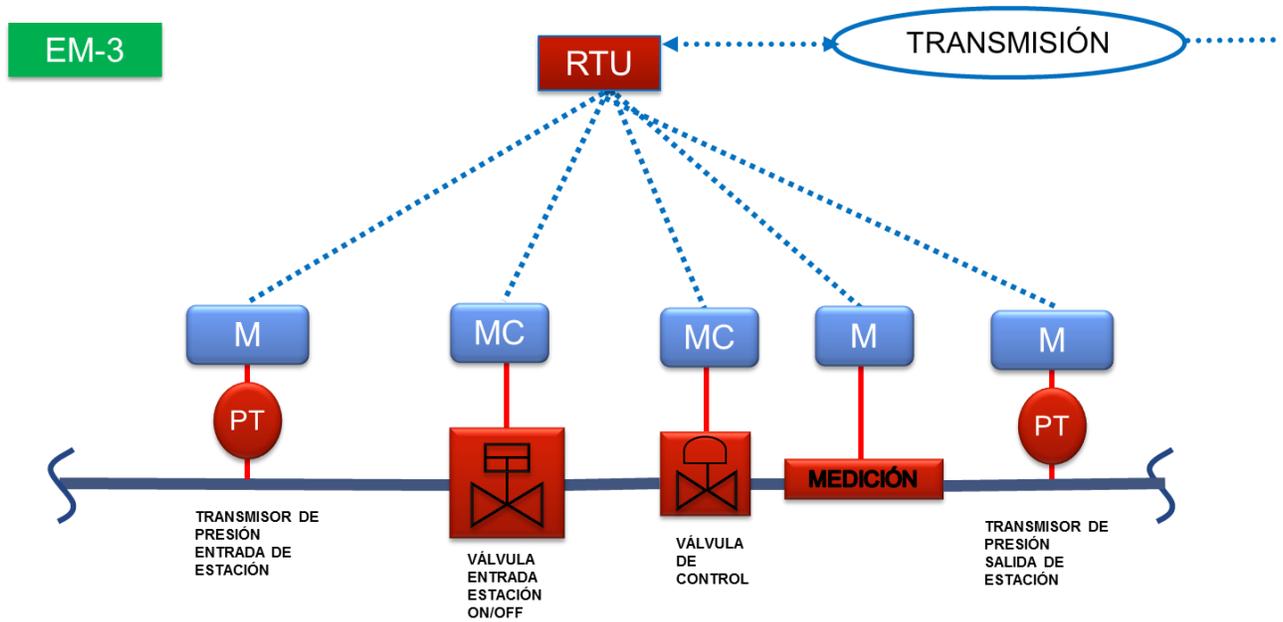


Figura 7.9 Diagrama de Bloques de la Estación de Medición y Regulación (EM-3)

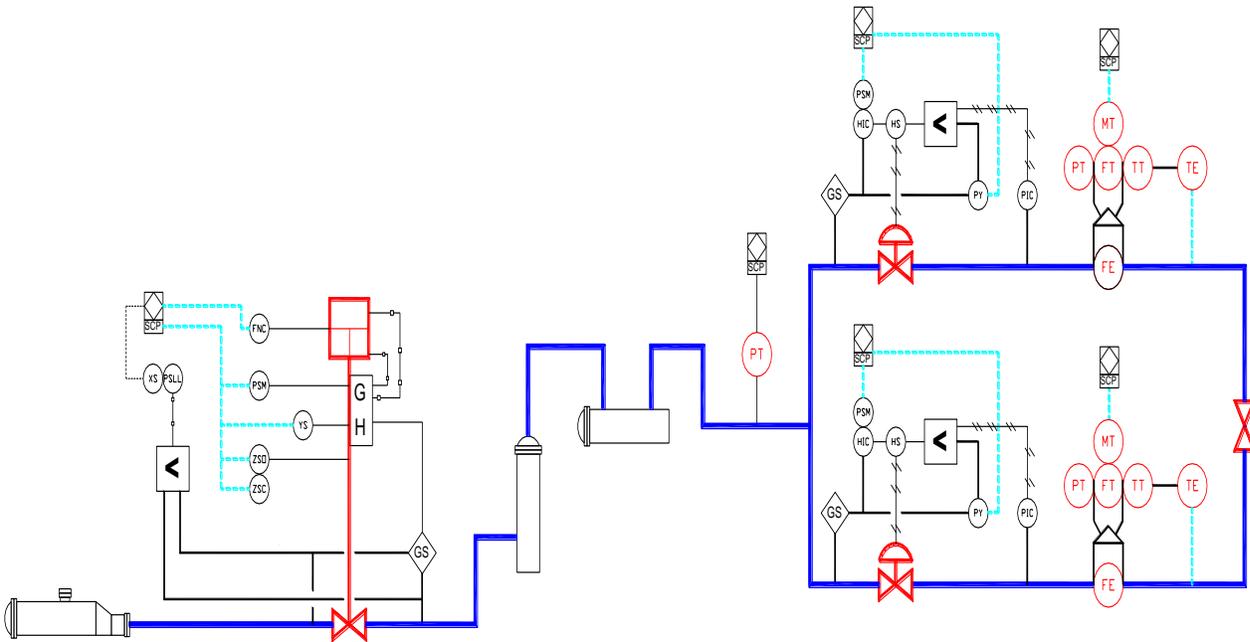


Figura 7.10 Esquema Típico Estación de Medición y Regulación

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
1	Equipo entre estaciones	No Flujo	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción del suministro de gas a los clientes ▪ Las válvulas de control automático abrirán para intentar ajustar la caída de presión. • Alarma por baja presión • Alarma por bajo flujo 	No tiene automatizada la válvula de seccionamiento de entrada a la estación solo en forma manual.	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por baja presión • Alarma por bajo flujo 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p style="text-align: center;">IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p style="text-align: center;">IIA2, 4,5 IIB IIC1,2,4 IID IIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA III A – G</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		Alta presión a la entrada de la Estación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta presión en la estación • El operador de SCADA observa alta presión en el transmisor a la entrada de la estación. 		<ul style="list-style-type: none"> • Las válvulas de control automáticas se ajustarán por la presión. • Alarmas por alta presión 		
		Baja Presión a la entrada de la Estación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducción de gas para los clientes. ▪ Las válvulas de control automáticas se abrirán para ajustar la caída de presión. ▪ Alarmas por baja presión. ▪ Alarmas por bajo flujo 	No tiene automatizada la válvula de seccionamiento de entrada a la estación solo en forma manual.	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por baja presión en la entrada de la Estación. • Alarma por bajo flujo. 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de gas fuera de especificación en la estación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producto potencialmente fuera de especificación para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de calidad fuera de especificación. (alarma) 		

Tabla 7.5 FMEA EM-3

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
2	Válvula OFF/ON a la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción de gas a clientes • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula ,con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 	<ul style="list-style-type: none"> • Nota 1: No hay válvula ON/OFF para esta estación 	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Válvula en control manual • Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA -G</p>	<p>Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales , tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga y la válvula cierra automáticamente debido a una baja presión, las válvulas corriente abajo podrían cerrar también debido a una muy baja presión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nota1 	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar el tramo de ducto donde se encuentra la fuga 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. • Posible fuga o perdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nota 1 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador • Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación • Alarma por bajo flujo • Alarma por baja presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
3		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica o de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta cuando el operador de SCADA necesite cerrarla. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la succión de la estación Interruptores de posición de la válvula Indicación en la pantalla (válvula parpadeando) 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula está en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula está en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente NOTA 1 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la entrada de la estación 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por un incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente(Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
4	Medición	<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por flujo alto Falla del transmisor por alto flujo Falla del transmisor por alta temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador no puede decir lo que está sucediendo. Alta facturación – lecturas de flujo alto. El operador del SCADA deberá verificar las lecturas de los flujos y comparará la segunda línea con la primera. 		<ul style="list-style-type: none"> Medidor de flujo en el Segundo tren de Medición Recorridos del operador y lecturas de presión y flujo en campo 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por bajo flujo Falla del transmisor por bajo flujo Falla del transmisor por baja temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador no puede decir que esto está sucediendo Baja facturación- lectura de bajo flujo. 		<ul style="list-style-type: none"> Recorridos del operador Lecturas de presión y flujo en campo Medidor de flujo en el Segundo tren de Medición 		
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa de alta corriente. Falla del transmisor de temperatura por alta corriente. Falla del transmisor de flujo por alta corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una señal que aparentemente a incrementado la corriente, pero verifica las condiciones de operación y todo parece normal 		<ul style="list-style-type: none"> Indicadores locales de temperatura, flujo Recorridos del operador en campo 		
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por baja corriente Falla del transmisor de temperatura por baja corriente. Falla del transmisor de flujo por baja corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una señal que aparentemente a incrementado la corriente, pero verifica las condiciones de operación y todo parece normal 		<ul style="list-style-type: none"> Indicadores locales de temperatura, flujo Recorridos del operador en campo 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
5		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por baja corriente Falla del transmisor de temperatura por baja corriente. Falla del transmisor de flujo por baja corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una señal que aparentemente a incrementado la corriente, pero verifica las condiciones de operación y todo parece normal 		<ul style="list-style-type: none"> Indicadores locales de temperatura, flujo Recorridos del operador en campo 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa de alta presión El transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> Alta facturación. El flujo es más alto que el normal. El operador percibe una alarma por alta presión 	<p>Durante el encendido inicial de la operación del SCADA es recomendable que la medición local sea comparada con la medición del SCADA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión Medidor local de flujo en campo Transmisor de presión a la entrada de la estación Indicador controlador de presión (en la primera válvula de regulación) Válvulas controladoras de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa de que no hay presión El transmisor de flujo envía una señal falsa de que no hay presión 	<ul style="list-style-type: none"> Baja facturación. El operador percibe una alarma por baja presión (pero la operación parece normal) 		<ul style="list-style-type: none"> Medidor Local de flujo en campo. Transmisor de presión a la entrada de la estación Indicador controlador de presión (en la primera válvula de regulación) 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa de la medición El medidor envía una señal falsa de que no hay flujo El transmisor de Flujo envía una señal falsa de que no hay flujo 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de la habilidad para medir el flujo. En la pantalla aparecerá en ceros (pero la operación no se ve afectada). Perdida de la habilidad para medir el flujo. El operador no sabe lo que está pasando (inicialmente) 		<ul style="list-style-type: none"> Medidor local de flujo en campo Transmisor Multivariable (en el segundo tren de medición) Recorridos del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
6	Transmisor de Presión en la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor a la entrada, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión Transmisor de presión en el Transmisor multivariable 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor a la entrada pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la entrada de la estación, situación derivada de una falsa señal. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión Transmisor de presión en el Transmisor multivariable 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede auto cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión Transmisor de presión en el Transmisor multivariable 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
7	Transmisor de Presión en la descarga de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la descarga 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión Medidores locales de presión a la succión de la estación Transmisor de presión en el Transmisor multivariable 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la descarga 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor a la descarga pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la descarga de la estación, situación derivada de una falsa señal. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión Transmisor de presión en el Transmisor multivariable 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede auto cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión Transmisor de presión en el Transmisor multivariable 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
8	Válvula OFF/ON a la descarga de la estación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción de gas a clientes • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula ,con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Alarma indicando que la válvula está cerrada • Válvula en control manual • Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales , tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga y la válvula cierra automáticamente debido a una baja presión, las válvulas corriente abajo podrían cerrar también debido a una muy baja presión. 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar el tramo de ducto donde se encuentra la fuga 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador • Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
9		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica o de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta cuando el operador de SCADA necesite cerrarla. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la descarga de la estación Interruptores de posición de la válvula Indicación en la pantalla (válvula parpadeando) 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula esta en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula está en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la descarga de la estación 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la descarga de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente(Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
10	RTU	<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU - no hay información desde la estación. Perdida de energía para el SPC Falsa indicación de falla del RTU/SPC Falla del interruptor de la estación para control local Falla en el hardware de la computadora Falla en la tarjeta de entrada/salida Falla en Cuarto de Control por pérdida de señal (daños en la alimentación eléctrica de los cables para enviar la señal) Falla del Splitter 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observa que no hay información de la estación Interruptor de Control automático en encendido local. (permanecen las funciones automáticas) Perdida de medición- no hay facturación para el cliente Todas las válvulas permanecen en la última posición Si se pierde la energía para el SPC, las válvulas neumáticas no pueden cerrarse 		<ul style="list-style-type: none"> No se presenta protección física 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA3 y 5 IIIB IIIC</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU – no acepta los comandos telemedidos 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA puede solamente monitorear las operaciones 		<ul style="list-style-type: none"> No se presenta protección física 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa Indicación de paro de estación. 	<ul style="list-style-type: none"> La estación está operando normalmente pero el operador del SCADA cree que está en paro. 		<ul style="list-style-type: none"> Indicación de control local en la pantalla del operador 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa indicación de pérdida de energía eléctrica 		<ul style="list-style-type: none"> No existe indicación de falla de energía en el centro de control del SCADA. 	<ul style="list-style-type: none"> No se presenta protección física 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-3)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-3

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición sin análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
11	válvula de Control	<ul style="list-style-type: none"> La válvula abre menos que el punto de ajuste (hasta estar totalmente cerrada) 	<ul style="list-style-type: none"> Podría deberse a un error de medición (medirá más que el flujo actual) Interruptores de posición de la válvula Represionamiento de la línea por la disminución del flujo (cierre de la válvula) 	<ul style="list-style-type: none"> El Operador no podría estar enterado de este problema. <p>NOTA: esto aparece para la válvula de control debido a que el operador no tiene ninguna indicación de que la válvula no está operando correctamente – excepto en los casos extremos de que esté totalmente abierta o cerrada</p>	<ul style="list-style-type: none"> Medidor local de flujo en campo. Medidor local de presión en campo 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA 4 y 5 IIB IIC1 IIE 1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p>IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> La válvula abre más allá del punto de ajuste (hasta estar totalmente abierta) 	<ul style="list-style-type: none"> Inadecuada regulación de presión - Podría deberse a un error de medición. (medirá más que el flujo actual) Incremento de flujo en la estación Lecturas erróneas del transmisor multivariable(calidad del gas) 	<ul style="list-style-type: none"> El Operador no podría estar enterado de este problema. <p>NOTA: esto aparece para la válvula de control debido a que el operador no tiene ninguna indicación de que la válvula no está operando correctamente – - excepto en los casos extremos de que esté totalmente abierta o cerrada</p>	<ul style="list-style-type: none"> Medidor local de flujo en campo. Medidor local de presión en campo 		
		<ul style="list-style-type: none"> Respuesta lenta al comando. Cambio en el tipo de control. (Problema mecánico Número excesivo de interruptores dentro del SPC 		<p>El operador no estaría enterado de esta situación. Falla de modo muy probable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Válvula de control (en el segundo tren de medición) Acción del operador 		



7.2.6 Estación de Medición y Regularización con análisis de calidad(EM-4).

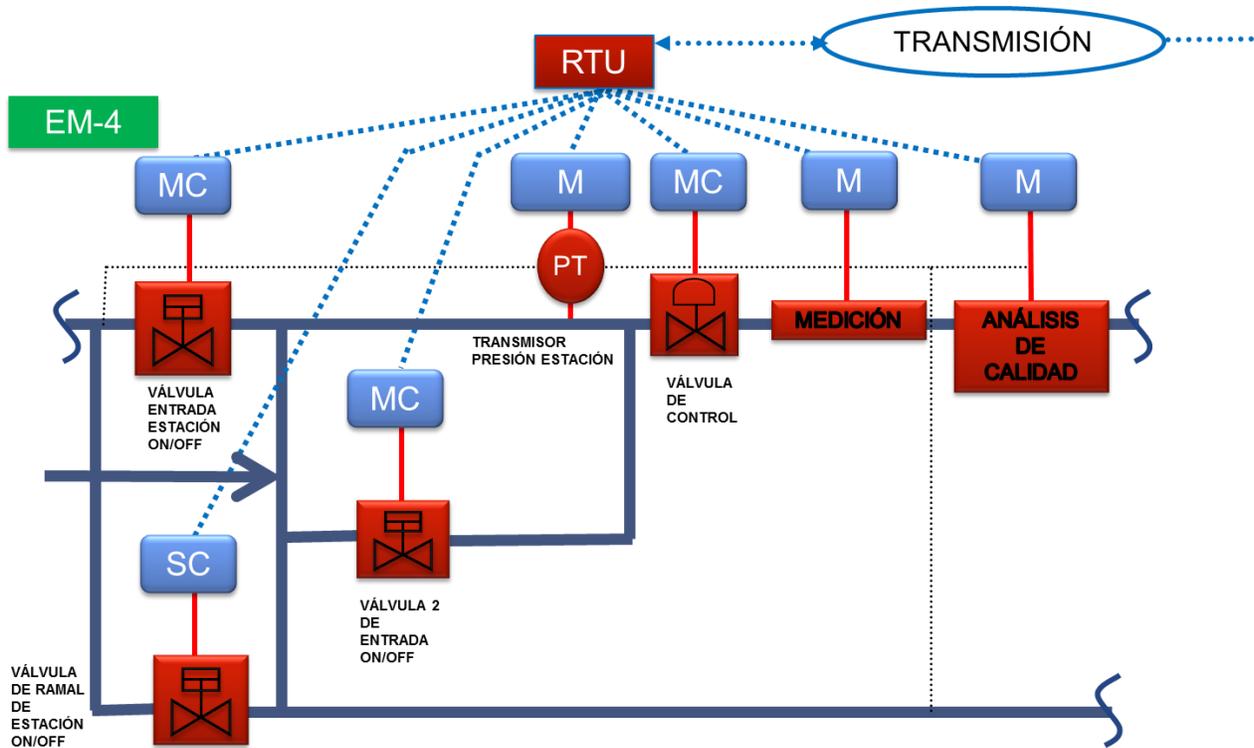


Figura 7.11 Diagrama de Bloque Estación de Medición (EM-4)

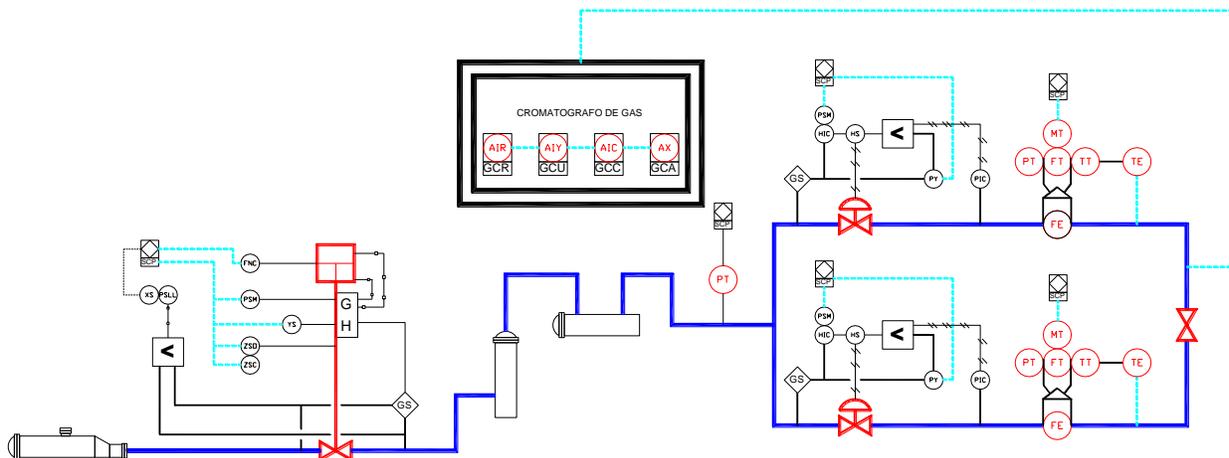


Figura 7.12 Esquema Típico Estación de Medición (EM-4)

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
1	Equipo entre estaciones	No Flujo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interrupción de gas a clientes. ▪ Las válvulas de Control automático se abrirán para tratar de ajustar la caída de presión. ▪ A una presión muy baja, las válvulas OFF/ON podrán cerrarse. ▪ Alarma por baja presión. ▪ Alarma por bajo flujo. 	Perdida de presión en el sistema comenzando con la presión a la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por Baja presión de entrada a la Estación • Indicación de Ruptura de Línea. 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p style="text-align: center;">IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p style="text-align: center;">IIA2, 4,5 IIB IIC1,2,4 IID IIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p style="text-align: center;">III A – G</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		Alta presión a la entrada de la Estación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alta presión en la estación • El operador de SCADA observa alta presión en el transmisor a la entrada de la estación. 		<ul style="list-style-type: none"> • Las válvulas de control automáticas se ajustarán por la presión. 		
		Baja Presión a la entrada de la Estación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducción de gas para los clientes. ▪ Las válvulas de control automáticas se abrirán para ajustar la caída de presión. ▪ Las válvulas OFF/ON de la estación podrán cerrar si se presenta muy baja presión. ▪ Alarmas por baja presión. ▪ Alarmas por bajo flujo 	<p>Posible Ruptura en la línea corriente arriba de la Estación.</p> <p>Cierre parcial de la válvula de seccionamiento a la entrada de la estación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por baja presión en la entrada de la Estación. • Sistema de cierre por Ruptura de Línea. • Paro de Estación por baja presión • Alarma por bajo flujo. 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de gas fuera de especificación en la estación. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producto potencialmente fuera de especificación para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de calidad fuera de especificación. (alarma) 		

Tabla 7.6 FMEA EM-4

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
2	Válvula OFF/ON a la entrada de la estación Ahmsa.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • Interrupción de gas a clientes (Ahmsa). • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula ,con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales , tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga y la válvula cierra automáticamente debido a una baja presión, las válvulas corriente abajo podrían cerrar también debido a una muy baja presión. 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica ó de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta cuando el operador de SCADA necesite cerrarla. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la succión de la estación 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula esta en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula esta en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la entada de la estación 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por un incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente(Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
3	Medición	<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por flujo alto Falla del transmisor por alto flujo Falla del transmisor por alta temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador no puede decir lo que esta sucediendo. Alta facturación – lecturas de flujo alto. El operador del SCADA deberá verificar las lecturas de los flujos y comparará la segunda línea con la primera. 		<ul style="list-style-type: none"> Medidor de flujo en el Segundo tren de Medición Recorridos del operador y lecturas de presión y flujo en campo 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA III A-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por bajo flujo Falla del transmisor por bajo flujo Falla del transmisor por baja temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador no puede decir que esto esta sucediendo Baja facturación- lectura de bajo flujo. 		<ul style="list-style-type: none"> Recorridos del operador Lecturas de presión y flujo en campo Medidor de flujo en el Segundo tren de Medición 		
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa de alta corriente. Falla del transmisor de temperatura por alta corriente. Falla del transmisor de flujo por alta corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una señal que aparentemente a incrementado la corriente, pero verifica las condiciones de operación y todo parece normal 		<ul style="list-style-type: none"> Indicadores locales de temperatura, flujo Recorridos del operador en campo 		
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por baja corriente Falla del transmisor de temperatura por baja corriente. Falla del transmisor de flujo por baja corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una señal que aparentemente a incrementado la corriente, pero verifica las condiciones de operación y todo parece normal 		<ul style="list-style-type: none"> Indicadores locales de temperatura, flujo Recorridos del operador en campo 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por baja corriente Falla del transmisor de temperatura por baja corriente. Falla del transmisor de flujo por baja corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una señal que aparentemente a incrementado la corriente, pero verifica las condiciones de operación y todo parece normal 		<ul style="list-style-type: none"> Indicadores locales de temperatura, flujo Recorridos del operador en campo 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa de alta presión El transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> Alta facturación. El flujo es más alto que el normal. El operador percibe una alarma por alta presión 	Durante el encendido inicial de la operación del SCADA es recomendable que la medición local sea comparada con la medición del SCADA.	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión Medidor local de flujo en campo Transmisor de presión a la entrada de la estación Indicador controlador de presión (en la primera válvula de regulación) 		
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa de que no hay presión El transmisor de flujo envía una señal falsa de que no hay presión 	<ul style="list-style-type: none"> Baja facturación. El operador percibe una alarma por baja presión (pero la operación parece normal) 		<ul style="list-style-type: none"> Medidor Local de flujo en campo. Transmisor de presión a la entrada de la estación Indicador controlador de presión (en la primera válvula de regulación) 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa de la medición El medidor envía una señal falsa de que no hay flujo El transmisor de Flujo envía una señal falsa de no hay flujo 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de la habilidad para medir el flujo. En la pantalla aparecerá en ceros (pero la operación no se ve afectada). Perdida de la habilidad para medir el flujo. El operador no sabe lo que esta pasando (inicialmente) 		<ul style="list-style-type: none"> Medidor local de flujo en campo Transmisor Multivariable (en el segundo tren de medición) Recorridos del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
4	Transmisor de Presión en la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor a la entrada, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor a la entrada pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la entrada de la estación, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede auto cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
5	RTU	<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU - no hay información desde la estación. Perdida de energía para el SPC Falsa indicación de falla del RTU/SPC Falla del interruptor de la estación para control local Falla en el hardware de la computadora Falla en la tarjeta de entrada/salida Falla en Cuarto de Control por perdida de señal (daños en la alimentación eléctrica de los cables para enviar la señal) Falla del Splitter 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observa que no hay información de la estación Interruptor de Control automático en encendido local. (permanecen las funciones automáticas) Perdida de medición- no hay facturación para el cliente Todas las válvulas permanecen en la ultima posición Si se pierde la energía para el SPC, las válvulas neumáticas no pueden cerrarse 		<ul style="list-style-type: none"> No se presenta protección física 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU – no acepta los comandos telemedidos 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA puede solamente monitorear las operaciones 		<ul style="list-style-type: none"> No se presenta protección física 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa Indicación de paro de estación. 	<ul style="list-style-type: none"> La estación está operando normalmente pero el operador del SCADA cree que esta en paro. 		<ul style="list-style-type: none"> Indicación de control local en la pantalla del operador 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa indicación de perdida de energía eléctrica 		<ul style="list-style-type: none"> No existe indicación de falla de energía en el centro de control del SCADA. 	<ul style="list-style-type: none"> No se presenta protección física 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
6	válvula de Control	<ul style="list-style-type: none"> La válvula abre menos que el punto de ajuste (hasta estar totalmente cerrada) 	<ul style="list-style-type: none"> Podría deberse a un error de medición (medirá mas que el flujo actual) Interruptores de posición de la válvula Represionamiento de la línea por la disminución del flujo (cierre de la válvula) 	<ul style="list-style-type: none"> El Operador no podría estar enterado de este problema. <p>NOTA: esto aparece para la válvula de control debido a que el operador no tiene ninguna indicación de que la válvula no esta operando correctamente – excepto en los casos extremos de que este totalmente abierta o cerrada</p>	<ul style="list-style-type: none"> Medidor local de flujo en campo. Medidor local de presión en campo 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA 4 y 5 IIB IIC1 IIE 1,2 y 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> La válvula abre mas allá del punto de ajuste (hasta estar totalmente abierta) 	<ul style="list-style-type: none"> Inadecuada regulación de presión - Podría deberse a un error de medición. (medirá mas que el flujo actual) Incremento de flujo en la estación Lecturas erróneas del transmisor multivariable(calidad del gas) 	<ul style="list-style-type: none"> El Operador no podría estar enterado de este problema. <p>NOTA: esto aparece para la válvula de control debido a que el operador no tiene ninguna indicación de que la válvula no esta operando correctamente – - excepto en los casos extremos de que este totalmente abierta o cerrada</p>	<ul style="list-style-type: none"> Medidor local de flujo en campo. Medidor local de presión en campo 		
		<ul style="list-style-type: none"> Respuesta lenta al comando. Cambio en el tipo de control. (Problema mecánico Numero excesivo de interruptores dentro del SPC 		<ul style="list-style-type: none"> El operador no estaría enterado de esta situación. Falla de modo muy probable. 	<ul style="list-style-type: none"> Válvula de control (en el segundo tren de medición) Acción del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
7	Análisis de Calidad	Especificación falsa de: Humedad Azufre Total Composición de Ácido sulfhídrico	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una indicación falsa de las especificaciones del gas. 		<ul style="list-style-type: none"> Recorridos del operador para verificar el estado actual del equipo. Realizar pruebas en campo para verificar la calidad del gas 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		Falsa señal por baja temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal Falsas lecturas en la medición (compensación del gas) 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal No se presenta salvaguarda física 		
		Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA observará una lectura en ceros, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal. No se presenta salvaguarda física 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
8	Válvula Troncal	Fuga externa de gas natural.	<ul style="list-style-type: none"> Peligro potencial de fuego/explosión. El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga y la válvula cierra automáticamente debido a una baja presión, si la válvula cierra, las válvulas corriente abajo podrían cerrar también debido a una muy baja presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Acción del operador "aislar el tramo de ducto" Si la fuga es considerable Transmisor de presión a la succión y descarga de la estación Transmisor de flujo en la medición 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): Falla de la solenoide. Falla del control local del piloto. Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. Falla del interruptor de presión diferencial. 	<ul style="list-style-type: none"> Interrupción de gas a clientes. Posible represionamiento aguas arriba de la estación 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión Indicador local de presión 		
		<ul style="list-style-type: none"> Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). 	<ul style="list-style-type: none"> Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena Cambio a control local. Falla mecánica ó de control de la válvula 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta cuando el operador de SCADA necesite cerrarla. 	<p>En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una alarma por falla de señal. Indicación en la pantalla de posición local. 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula esta en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula esta en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> Interruptores de posición de la válvula en cuarto de control 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 	<ul style="list-style-type: none"> Modo de falla muy constante. 	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión a la succión de la estación Transmisor de flujo en el tubo de medición. 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Medición (EM-4)

No. DE DIBUJO: Plantilla EM-4.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Medición con análisis de calidad del gas, con controladores programables que están instalados para la medición electrónica del flujo, en control local y remoto en campo y algunos casos de entrega de presión a los clientes de PGPB

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
9	Segunda Válvula OFF/ON en la entrada de la estación.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión diferencial. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si se presenta una falla en la otra línea la válvula cerrará y habrá una interrupción de gas para el cliente. 		<ul style="list-style-type: none"> • Transmisor de presión a la entrada de la estación • Interruptor de posición de la válvula 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga y la válvula cierra automáticamente debido a una baja presión, las válvulas corriente abajo podrían cerrar también debido a una muy baja presión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga 	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por alta presión • Acción del operador 		
		<ul style="list-style-type: none"> • El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. • Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> • El operador recibe una señal de que la válvula esta en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula esta en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> • El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. • Transmisor de presión a la entrada de la estación 		



7.2.7 Estación de Compresión (EC-5).

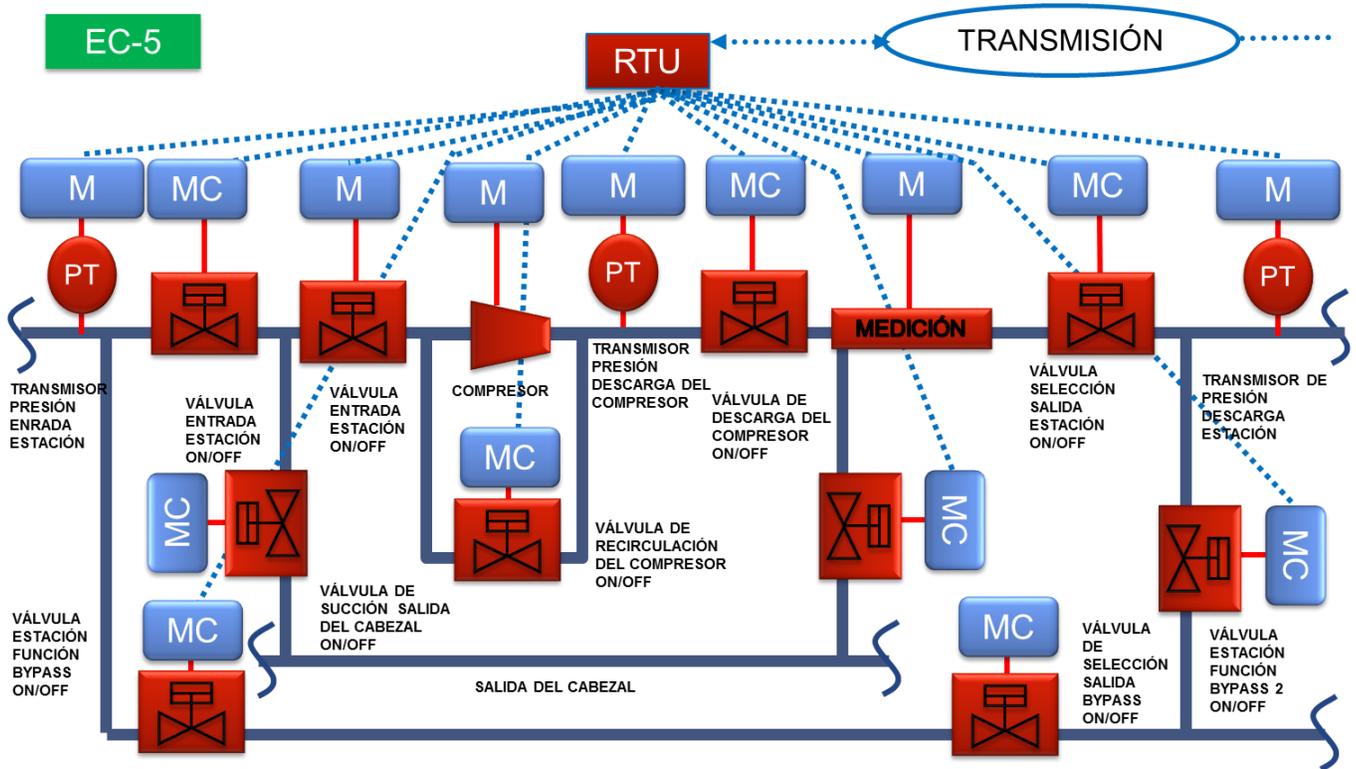


Figura 7.13 Diagrama de Bloques de la Estación de Compresión (EC-5).

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
1	Equipo entre estaciones	<ul style="list-style-type: none"> No Flujo 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de gas para los clientes. Paro del compresor. A una presión muy baja, las válvulas OFF/ON automatizadas de la estación se cerrarán Alarma por baja presión Alarma por bajo flujo 	<ul style="list-style-type: none"> El No flujo comienza Perdida de Presión en el sistema, a la entrada de la estación 	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Dispositivos de paro en los compresores. Alarma por bajo flujo. Monitoreo de las condiciones de operación 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p>IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA2, 4,5</p> <p>IIB</p> <p>IIC1,2,4</p> <p>IID</p> <p>IIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p>III A – G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> Alta presión a la entrada de la Estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Alta presión dentro de la estación El operador de SCADA observa alta presión en el transmisor de presión a la entrada 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión a la entrada. Monitoreo de las condiciones de operación 		
		<ul style="list-style-type: none"> Baja Presión a la entrada de la Estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de gas para los clientes. Interrupción en el sistema de operación. Perdida de gas para los clientes corriente abajo. La válvula de entrada puede cerrar a muy baja presión. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación pueden cerrar por muy baja presión. 	<ul style="list-style-type: none"> Posible Ruptura en la línea corriente arriba de la Estación. Cierre parcial de la válvula de seccionamiento a la entrada de la estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Dispositivos de protección de los compresores para una baja presión a la entrada Alarmas por baja presión. Alarmas por bajo flujo 		
		<ul style="list-style-type: none"> Calidad de gas fuera de especificación en la estación. 	<ul style="list-style-type: none"> Producto potencialmente fuera de especificación para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Análisis de calidad fuera de especificación. (alarma) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
2	Válvula OFF/ON de By-Pass a la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • El operador observa una buena presión a la entrada, pero la pérdida de presión/flujo se presenta en el resto del sistema. • Si el operador no logra abrir la válvula, entonces todas las válvulas se cerrarán debido a una muy baja presión y se presentará un paro de estación • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula, con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Alarma de cierre ON/OFF de la válvula con indicación en la pantalla 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga y la válvula cierra automáticamente debido a una baja presión, las válvulas corriente abajo podrían cerrar también debido a una muy baja presión. 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga • Alarma por baja presión • Paro de emergencia • Interruptor local/remoto 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
3		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica o de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta cuando el operador de SCADA necesite cerrarla. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la succión de la estación Interruptores de posición de válvula Indicación en pantalla del interruptor local. 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula esta en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula está en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la entrada y salida de la estación Indicador de flujo Indicador de falla del RTU/SPCde 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por un incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente(Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
4	Válvula OFF/ON a la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • El operador observa una buena presión a la entrada, pero la pérdida de presión/flujo se presenta en el resto del sistema. • Si el operador no logra abrir la válvula, entonces todas las válvulas se cerrarán debido a una muy baja presión y se presentará un paro de estación • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula, con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Alarma de cierre ON/OFF de la válvula con indicación en la pantalla 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga y la válvula cierra automáticamente debido a una baja presión, las válvulas corriente abajo podrían cerrar también debido a una muy baja presión. 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga • Alarma por baja presión • Paro de emergencia • Interruptor local/remoto • Alarma por bajo flujo 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador • Alarma por bajo flujo 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
5		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica o de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta cuando el operador de SCADA necesite cerrarla. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la succión de la estación Interruptores de posición de válvula Indicación en pantalla del interruptor local. 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE 1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula esta en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula está en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la entrada y salida de la estación Indicador de flujo Indicador de falla del RTU/SPCde 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por un incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente(Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
6	Válvula OFF/ON a la descarga de la estación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • El operador observa una alta presión a la descarga de la estación. • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula, con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Alarma de cierre ON/OFF de la válvula con indicación en la pantalla • Trasmisor de presión a la succión y descarga de la estación • Indicación de flujo a la descarga de la estación • Válvulas controladoras de presión 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<p>Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga. • Liberación de producto a la atmósfera 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga • Alarma por baja presión • Paro de emergencia • Interruptor local/remoto • Alarma por bajo flujo • Trasmisor de presión a la succión y descarga del compresor 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • Paro automático debido a una situación anormal y la válvula ha fallado al cerrar. • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador • Alarma por bajo flujo 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
7		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica o de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta y en una emergencia cuando el operador de SCADA necesite cerrarla, la válvula no responderá. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la succión de la estación Interruptores de posición de válvula Indicación en pantalla del interruptor local. Transmisor de presión a la descarga de la estación 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula esta en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula está en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la entrada y salida de la estación Indicador de flujo Indicador de falla del RTU/SPCde 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por un incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente(Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
8	Válvula de seccionamiento a la succión del compresor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • El operador observa una alta presión a la descarga del compresor • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula, con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Paro de emergencia del compresor • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Alarma de cierre ON/OFF de la válvula con indicación en la pantalla • Trasmisor de presión a la succión y descarga de la estación • Paro de emergencia del compresor • Indicación de flujo a la descarga de la estación • Válvulas controladoras de presión aguas arriba de la estación 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga. • Liberación de producto a la atmósfera 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga • Alarma por baja presión • Paro de emergencia del compresor • Interruptor local/remoto • Alarma por bajo flujo • Trasmisor de presión a la succión y descarga del compresor 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • El instrumento de protección por baja presión para automáticamente el compresor reduciendo la presión al sistema • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador • Alarma por bajo flujo • Alarma por baja presión y paro de emergencia del compresor • Trasmisor de presión a la succión y descarga del compresor 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
9		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica o de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta y en una emergencia cuando el operador de SCADA necesite cerrarla, la válvula no responderá. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la succión del compresor Interruptores de posición de válvula Indicación en pantalla del interruptor local. Transmisor de presión a la descarga del compresor 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula esta en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula está en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la entrada y salida del compresor Indicador de flujo Indicador de falla del RTU/SPCde 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por un incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente(Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
10	Válvula de seccionamiento a la descarga del compresor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cierre de válvula (cuando debería estar abierta): ▪ Falla de la solenoide (ver modos de falla del sistema del actuador). ▪ Falla del control local del piloto. ▪ Fuga interna significativa en el sistema hidro/neumático del actuador. ▪ Falla del interruptor de presión 	<ul style="list-style-type: none"> • El operador observa una alta presión aguas arriba del compresor • Represionamiento de la línea aguas arriba de la válvula, con posible ruptura de línea y formación de atmósfera explosiva • Paro de emergencia del compresor • Suspensión del producto al cliente, la economía de PGPB se verá afectada 		<ul style="list-style-type: none"> • Interruptores de posición • Alarma de cierre ON/OFF de la válvula con indicación en la pantalla • Trasmisor de presión a la succión y descarga de la estación • Paro de emergencia del compresor • Indicación de flujo a la descarga de la estación • Válvulas controladoras de presión aguas arriba de la estación 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<p>Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> • Fuga externa de gas natural. 	<ul style="list-style-type: none"> • Peligro potencial de fuego/explosión. • El operador podría observar una pérdida de presión debido a una gran fuga. • Liberación de producto a la atmósfera 		<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando la válvula no necesariamente se detendrá la fuga. • Acción del operador aislar la fuga • Alarma por baja presión • Paro de emergencia del compresor • Interruptor local/remoto • Alarma por bajo flujo • Trasmisor de presión a la succión y descarga del compresor 		
		<ul style="list-style-type: none"> • Apertura de válvula (cuando debe estar cerrada). • Ver modos de falla del actuador 	<ul style="list-style-type: none"> • El instrumento de protección por baja presión para automáticamente el compresor reduciendo la presión al sistema • Posible fuga o pérdida de flujo u otras razones para presentar una baja presión en la válvula. 		<ul style="list-style-type: none"> • Indicación de la válvula en pantalla (Parpadeando). • Acción del operador • Alarma por bajo flujo • Alarma por baja presión y paro de emergencia del compresor • Trasmisor de presión a la succión y descarga del compresor 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
11		<ul style="list-style-type: none"> La válvula remota no cierra cuando se le ordena. Cambio a control local. Falla mecánica o de control de la válvula Falla de los internos de la HPU (Válvula Solenoide, Válvula Maestra, Interruptores de presión, Bomba motorizada de suministro hidráulico) 	<ul style="list-style-type: none"> La válvula permanecerá abierta y en una emergencia cuando el operador de SCADA necesite cerrarla, la válvula no responderá. 	<ul style="list-style-type: none"> En caso de una emergencia la válvula OFF/ON (en la sección de la válvula de servicio) no puede ser abierta remotamente una vez que ha sido cerrada. Acción del operador 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una indicación de la posición de la válvula una vez que ha sido cerrada. Transmisor de presión en la descarga del compresor Interruptores de posición de válvula Indicación en pantalla del interruptor local. Transmisor de presión a la succión del compresor 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El indicador de posición remoto de la válvula está de manera opuesta al estado actual. Falla del RTU/SPC. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una señal de que la válvula esta en transición (inicialmente) y después recibe una señal de que la válvula está en posición errónea. (indicación de la válvula en la pantalla en un color ámbar) 	<ul style="list-style-type: none"> El ducto esa operando normalmente 	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verificará las presiones para determinar si ha cambiado abruptamente el flujo. Transmisor de presión a la entrada y salida del compresor Indicador de flujo Indicador de falla del RTU/SPCde 		
		<ul style="list-style-type: none"> El cliente demanda exceso de gas sin notificar a PEMEX por lo que resulta que la válvula ON/OFF cierre debido a una baja presión 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa una buena presión en la entrada de la estación. La válvula de control tratará de ajustarse por un incremento en el flujo para el cliente. Si la presión es muy baja la válvula OFF/ON podrá cerrar. 		<ul style="list-style-type: none"> Exceso de flujo para el regulador limitará el flujo para el cliente(Si esto es operacional, el operador no notará ningún cambio) 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
12	Medición	<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por flujo alto Falla del transmisor por alto flujo Falla del transmisor por alta temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador no puede decir lo que está sucediendo. Alta facturación – lecturas de flujo alto. El operador del SCADA deberá verificar las lecturas de los flujos y comparará la segunda línea con la primera. 		<ul style="list-style-type: none"> Medidor de flujo en el Segundo tren de Medición Recorridos del operador y lecturas de presión y flujo en campo 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por bajo flujo Falla del transmisor por bajo flujo Falla del transmisor por baja temperatura. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador no puede decir que esto está sucediendo Baja facturación- lectura de bajo flujo. 		<ul style="list-style-type: none"> Recorridos del operador Lecturas de presión y flujo en campo Medidor de flujo en el Segundo tren de Medición 		
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa de alta corriente. Falla del transmisor de temperatura por alta corriente. Falla del transmisor de flujo por alta corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una señal que aparentemente a incrementado la corriente, pero verifica las condiciones de operación y todo parece normal 		<ul style="list-style-type: none"> Indicadores locales de temperatura, flujo Recorridos del operador en campo 		
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por baja corriente Falla del transmisor de temperatura por baja corriente. Falla del transmisor de flujo por baja corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una señal que aparentemente a incrementado la corriente, pero verifica las condiciones de operación y todo parece normal 		<ul style="list-style-type: none"> Indicadores locales de temperatura, flujo Recorridos del operador en campo 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
13		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa por baja corriente Falla del transmisor de temperatura por baja corriente. Falla del transmisor de flujo por baja corriente. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una señal que aparentemente a disminuido la corriente, pero verifica las condiciones de operación y todo parece normal 		<ul style="list-style-type: none"> Indicadores locales de temperatura, flujo Recorridos del operador en campo 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa de alta presión El transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión 	<ul style="list-style-type: none"> Alta facturación. El flujo es más alto que el normal. El operador percibe una alarma por alta presión 	<p>Durante el encendido inicial de la operación del SCADA es recomendable que la medición local sea comparada con la medición del SCADA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión Medidor local de flujo en campo Transmisor de presión a la entrada de la estación Indicador controlador de presión (en la primera válvula de regulación) 		
		<ul style="list-style-type: none"> El medidor envía una señal falsa de que no hay presión El transmisor de flujo envía una señal falsa de que no hay presión 	<ul style="list-style-type: none"> Baja facturación. El operador percibe una alarma por baja presión (pero la operación parece normal) 		<ul style="list-style-type: none"> Medidor Local de flujo en campo. Transmisor de presión a la entrada de la estación Indicador controlador de presión (en la primera válvula de regulación) 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa de la medición El medidor envía una señal falsa de que no hay flujo El transmisor de Flujo envía una señal falsa de que no hay flujo 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de la habilidad para medir el flujo. En la pantalla aparecerá en ceros (pero la operación no se ve afectada). Perdida de la habilidad para medir el flujo. El operador no sabe lo que está pasando (inicialmente) 		<ul style="list-style-type: none"> Medidor local de flujo en campo Transmisor Multivariable (en el segundo tren de medición) Recorridos del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
14	Transmisor de Presión en la entrada de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor a la entrada, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la entrada. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor a la entrada pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la entrada de la estación, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión Paro de estación por baja presión (derivado de una falsa señal) 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede auto cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la descarga de la estación Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
15	Transmisor de Presión en la descarga de la estación	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la descarga. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la descarga. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor, pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo a la entrada de la estación, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión Paro de estación por baja presión (derivado de una falsa señal) 			
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada. La válvula OFF/ON a la entrada de la estación puede auto cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la succión de la estación Lecturas en campo de presión 			

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
16	Transmisor de Presión en la entrada del compresor	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la entrada del compresor 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la descarga del compresor Lecturas en campo de presión 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la entrada del compresor. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor, pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la entrada del compresor cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la descarga del compresor Lecturas en campo de presión Paro de emergencia de unidad por baja presión (derivado de una falsa señal) 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada del compresor. La válvula OFF/ON a la entrada del compresor puede auto cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 		<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la descarga del compresor Lecturas en campo de presión 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
17	Transmisor de Presión a la descarga del compresor	<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por alta presión a la descarga del compresor 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una alta presión en el transmisor, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión. Transmisor de presión a la descarga del compresor Lecturas en campo de presión 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> El Transmisor de presión envía una señal falsa por baja presión a la descarga del compresor. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observará una baja presión en el transmisor, pero por otro lado la operación parece normal. La válvula de control tratará de compensar el flujo, situación derivada de una falsa señal. La válvula OFF/ON a la descarga del compresor cerrará por muy baja presión. Interrupción potencial para los clientes. 	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión. Transmisor de presión a la succión del compresor Lecturas en campo de presión Paro de emergencia de unidad por baja presión (derivado de una falsa señal) 			
		<ul style="list-style-type: none"> Falla completa del transmisor de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El operador observará ceros en la presión de entrada del compresor. La válvula OFF/ON a la entrada del compresor puede auto cerrarse por la lectura de pérdida de presión. 	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor local de presión Transmisor de presión a la succión del compresor Lecturas en campo de presión 			

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
18	RTU	<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU - no hay información desde la estación. Perdida de energía para el SPC Falsa indicación de falla del RTU/SPC Falla del interruptor de la estación para control local Falla en el hardware de la computadora Falla en la tarjeta de entrada/salida Falla en Cuarto de Control por pérdida de señal (daños en la alimentación eléctrica de los cables para enviar la señal) Falla del Splitter 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA observa que no hay información de la estación Interruptor de Control automático en encendido local. (permanecen las funciones automáticas) Perdida de medición- no hay facturación para el cliente Todas las válvulas permanecen en la última posición Si se pierde la energía para el SPC, las válvulas neumáticas no pueden cerrarse 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla del RTU Alarma de perdida de UPS Alarma "datos cuestionables" 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales y tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio.
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del RTU – no acepta los comandos telemedidos 	<ul style="list-style-type: none"> El operador del SCADA puede solamente monitorear las operaciones 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla completa de comunicación específica en la torre Válvulas y controles locales 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa Indicación de paro de estación. 	<ul style="list-style-type: none"> La estación está operando normalmente pero el operador del SCADA cree que está en paro. 		<ul style="list-style-type: none"> Indicación de control local en la pantalla del operador 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falsa indicación de perdida de energía eléctrica 		<ul style="list-style-type: none"> No existe indicación de falla de energía en el centro de control del SCADA. 	<ul style="list-style-type: none"> No se presenta protección física 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
19	válvula de Control	<ul style="list-style-type: none"> La válvula abre menos que el punto de ajuste (hasta estar totalmente cerrada) 	<ul style="list-style-type: none"> Podría deberse a un error de medición (medirá más que el flujo actual) Interruptores de posición de la válvula Represionamiento de la línea por la disminución del flujo (cierre de la válvula) 	<ul style="list-style-type: none"> El Operador no podría estar enterado de este problema. <p>NOTA: esto aparece para la válvula de control debido a que el operador no tiene ninguna indicación de que la válvula no está operando correctamente – excepto en los casos extremos de que esté totalmente abierta o cerrada</p>	<ul style="list-style-type: none"> Medidor local de flujo en campo. Medidor local de presión en campo 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA 4 y 5 IIB IIC1 IIE 1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA IIIA-G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		<ul style="list-style-type: none"> La válvula abre más allá del punto de ajuste (hasta estar totalmente abierta) 	<ul style="list-style-type: none"> Inadecuada regulación de presión - Podría deberse a un error de medición. (medirá más que el flujo actual) Incremento de flujo en la estación Lecturas erróneas del transmisor multivariable (calidad del gas) 	<ul style="list-style-type: none"> El Operador no podría estar enterado de este problema. <p>NOTA: esto aparece para la válvula de control debido a que el operador no tiene ninguna indicación de que la válvula no está operando correctamente – - excepto en los casos extremos de que esté totalmente abierta o cerrada</p>	<ul style="list-style-type: none"> Medidor local de flujo en campo. Medidor local de presión en campo 		
		<ul style="list-style-type: none"> Respuesta lenta al comando. Cambio en el tipo de control. (Problema mecánico) Número excesivo de interruptores dentro del SPC 		<p>El operador no estaría enterado de esta situación. Falla de modo muy probable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Válvula de control (en el segundo tren de medición) Acción del operador 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla Estación de Compresión (EC-5)

No. DE DIBUJO: Plantilla EC-5

OBJETIVO DEL DISEÑO: Estación de Compresión con telemetría únicamente, que maneja grandes volúmenes incluyendo estaciones de exportación e importación. Generalmente, cuenta con múltiples tubos de medición los cuales tienen un sistema de monitoreo y control que pueden remplazar algún problema en los tubing.

Algunos equipos incluyen analizadores de la calidad del gas tales como cromatógrafos, analizadores de ácido sulfhídrico, azufre y agua

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
20	Análisis de Calidad	Especificación falsa de: Humedad Azufre Total Composición de Ácido sulfhídrico	<ul style="list-style-type: none"> El operador recibe una indicación falsa de las especificaciones del gas. 		<ul style="list-style-type: none"> Recorridos del operador para verificar el estado actual del equipo. Realizar pruebas en campo para verificar la calidad del gas 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL II A-1,2,4,5 IIB 1,2 IID IIE-1,2</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales periódicas de los equipos para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar que las instrucciones específicas sean actualizadas cuando se presente un cambio
		Falsa señal por baja temperatura	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal Falsas lecturas en la medición (compensación del gas) 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal No se presenta salvaguarda física 		
		Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA observará una lectura en ceros, pero por otro lado la operación parece normal. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal. No se presenta salvaguarda física 		



7.2.8 Unidad de Potencia Hidráulica (HPU).

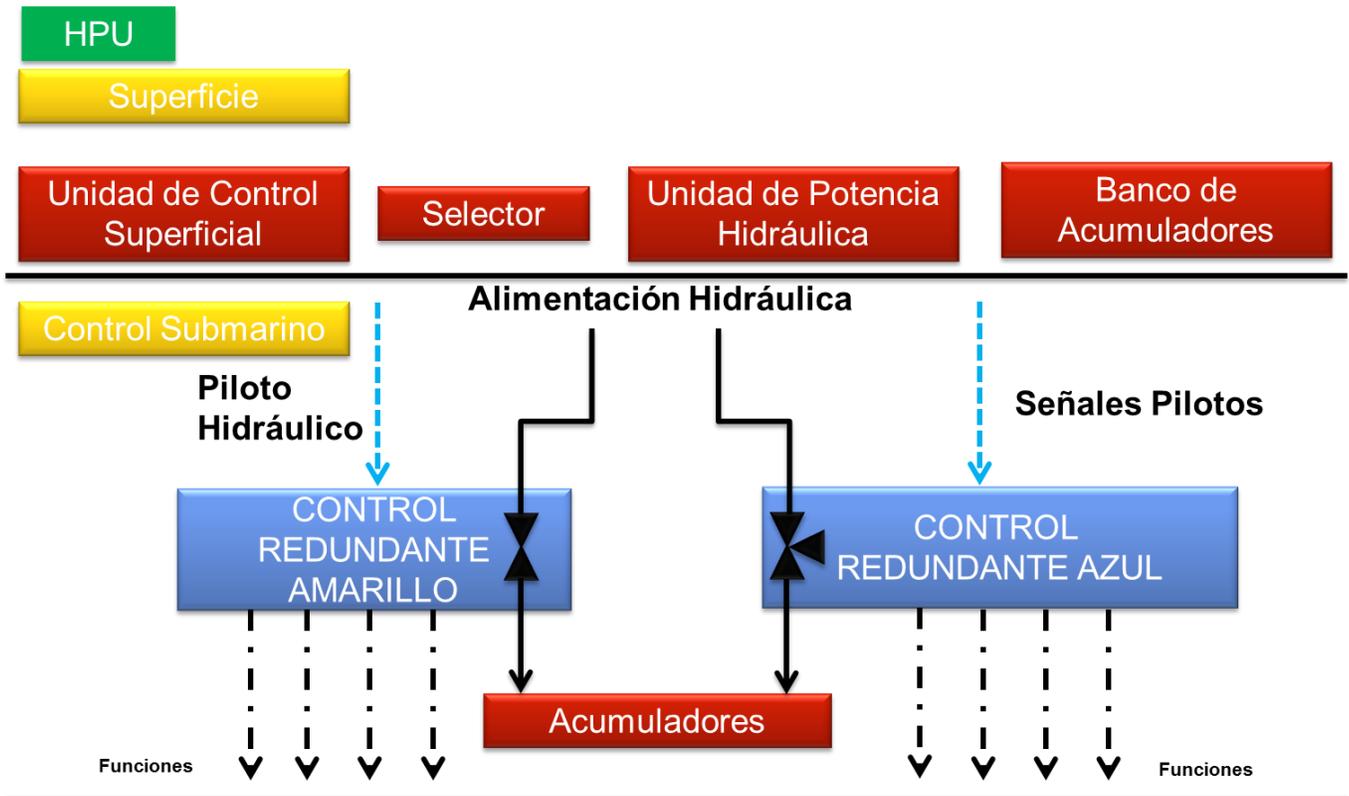


Figura 7.15 Diagrama de Bloque Unidad de Unidad de Potencia Hidráulica.

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla HPU (actuador Rotork)

No. DE DIBUJO: Plantilla HPU

OBJETIVO DEL DISEÑO: Actuador de doble efecto, acciones TODO-NADA para su accionamiento se exige un sistema hidráulico

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
1	HPU	<ul style="list-style-type: none"> Falla de la Unidad de Potencia Hidráulica Falla de los interruptores de presión (marcha y paro) del HPU 	<ul style="list-style-type: none"> Falla de la Bomba Motorizada del suministro hidráulico Transferencia del estado de control manual-asistido a control manual-manual Arranque de la bomba en forma manual Falla total de los interruptores de presión (marcha y paro) 	Se verificará en campo las condiciones anormales del actuador	Bomba manual	OPERACIÓN NORMAL IA OPERACIÓN ANORMAL IIA2, 4,5	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales de verificación periódicas para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock partes mecánicas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, para realizar pruebas funcionales que permitan verificar el estado actual del HPU
		<ul style="list-style-type: none"> Falla total o falla por falla del suministro eléctrico del HPU 	<ul style="list-style-type: none"> No hay suministro del fluido hidráulico, la válvula de seccionamiento se queda en última posición Falla en "lazo de control" 		<ul style="list-style-type: none"> Interruptores de posición de la válvula de seccionamiento Alarma "lazo del control abierto" 	IIB IIC1,2,4 IID	
		<ul style="list-style-type: none"> Falla total de la válvula solenoide Desenergización de la bobina de la solenoide para abrir Falsa señal de posición del selector apertura –remota - cierre (posición cerrar cuando debe de abrir) 	<ul style="list-style-type: none"> No hay respuesta de la válvula solenoide, la válvula de seccionamiento queda en última posición Se omite el paso de presión del acumulador a la cámara del actuador lo que desencadenará el cierre de la válvula de seccionamiento. La electroválvula de la bobina cerrar, esta energizada y se permite el paso de la presión hacia el actuador, permaneciendo la válvula de seccionamiento cerrada 		No se presentan salvaguardas físicas	IIIE1,2 y 4 OPERACIÓN DE EMERGENCIA III A – G	

Tabla 7.7 FMEA HPU

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" ϕ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla HPU (actuador Rotork)

No. DE DIBUJO: Plantilla HPU

OBJETIVO DEL DISEÑO: Actuador de doble efecto, acciones TODO-NADA para su accionamiento se exige un sistema hidráulico

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de entradas de sensores de velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> Se pierden las señales de los sensores de velocidad del Generador de Gases y de la Turbina de Potencia Paro de unidad (no se cumplieron los valores mínimos de velocidad) 		<ul style="list-style-type: none"> No existen salvaguardas 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p style="text-align: center;">IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p style="text-align: center;">IIA2, 4,5</p> <p style="text-align: center;">IIB</p> <p style="text-align: center;">IIC1,2,4</p> <p style="text-align: center;">IID</p> <p style="text-align: center;">IIE1,2 y 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales de verificación para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock tarjetas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar un programa de mantenimiento específico
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de entradas de señales discretas 	<ul style="list-style-type: none"> Paro de unidad 	Se desconoce la posición de las válvulas de succión y descarga de la unidad.	<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 	<p style="text-align: center;">IIE1,2 y 4</p>	
		<ul style="list-style-type: none"> Falla de Módulo de salidas discretas 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de todas las indicaciones de las lámparas del tablero del OCP. Se pierden las señales de mando de bomba auxiliar y de emergencia del sistema de lubricación. Paro de por falla del PLC 		<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 	<p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p style="text-align: center;">III A – G</p>	

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla HPU (actuador Rotork)

No. DE DIBUJO: Plantilla HPU

OBJETIVO DEL DISEÑO: Actuador de doble efecto, acciones TODO-NADA para su accionamiento se exige un sistema hidráulico

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de entradas y salidas analógicas 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de las señales de presión de los PT de succión y descarga de la unidad, del sistema de aceite de lubricación. Perdida de las señales de vibración en el compresor y en la turbina. Perdida de la señal de la válvula de control de flujo (GS-10) Paro de unidad y paro en el rastreo de las señales propias. del PLC. 		<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p style="text-align: center;">IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p style="text-align: center;">IIA2, 4,5</p> <p style="text-align: center;">IIB</p> <p style="text-align: center;">IIC1,2,4</p> <p style="text-align: center;">IID</p> <p style="text-align: center;">IIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p style="text-align: center;">III A – G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales de verificación para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock tarjetas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar un programa de mantenimiento específico.
		<ul style="list-style-type: none"> Falla Módulo de enlaces de comunicación (con tarjetas de entradas y salidas discretas, analógicas, (termopares y de RTD) 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de comunicación con todas las tarjetas enlazadas Paro de estación 		<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de entradas de termopares 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de las señales de temperatura. Paro de unidad por falla en el PLC. 		<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla por conexión eléctrica (cables abiertos) Falla por descargas eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida e Interrupción en las señales de las variables de campo Paro de estación y de Unidad si hay pérdida de la variable total No hay manera de monitorear y controlar estas variables desde el cuarto de control del SCADA, lecturas erróneas de las variables 		<ul style="list-style-type: none"> Control local (dispositivos y lecturas de algunas variables) 		



7.2.9 Controlador Lógico Programable (PLC).

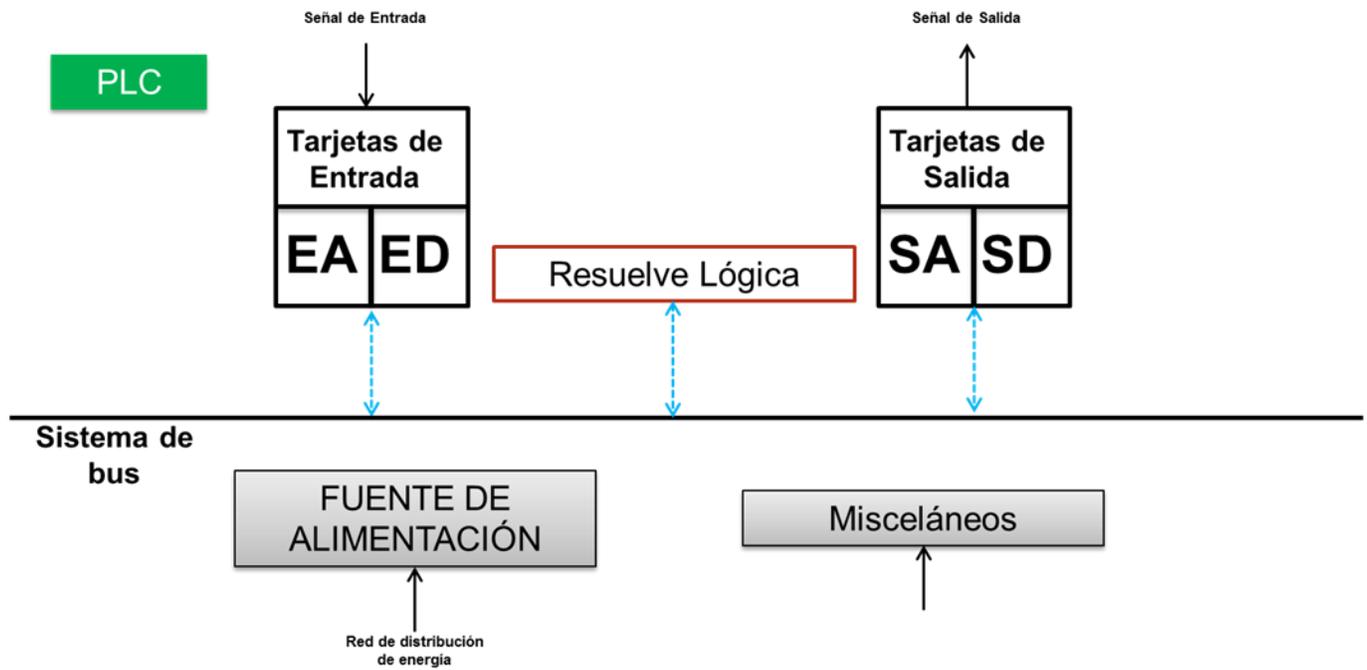


Figura 7.16 Diagrama de Bloque Unidad de Controlador Lógico Programable (PLC).

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla PLC

No. DE DIBUJO: Plantilla PLC.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Dispositivo basado en microprocesadores el cual es programado para operar en una secuencia particular en respuesta a señales de entrada externas. La lógica de control reside en la memoria del procesador, la cual puede ser modificada para permitir cambios en las aplicaciones o corregir errores de la programación inicial.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
1	PLC	<ul style="list-style-type: none"> Falla del módulo fuente de alimentación del PLC de unidad 	<ul style="list-style-type: none"> Se pierde el suministro de toda la instrumentación de campo dependiente del PLC Las señales quedan inactivas Los relevadores toman su posición a falla, se cierran las válvulas de succión y descarga de la unidad. 		<ul style="list-style-type: none"> No existen salvaguardas 	OPERACIÓN NORMAL IA OPERACIÓN ANORMAL IIA2, 4,5 IIB IIC1,2,4 IID IIE1,2 y 4 OPERACIÓN DE EMERGENCIA III A – G	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales de verificación para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock tarjetas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar un programa de mantenimiento específico
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de CPU. 	<ul style="list-style-type: none"> Se pierden total o parcialmente las funciones de control de la estación. Posibles valores de señales erróneas Paro de unidad. 		<ul style="list-style-type: none"> No existen salvaguardas 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de comunicación con puertos seriales. 	<ul style="list-style-type: none"> Se pierde la comunicación con el sistema de monitoreo de vibración Bently Nevada. 		<ul style="list-style-type: none"> Alarma y Paro al PLC por falta de las señales de vibración Alarma por falla de señal de estación (en el bus de comunicación de puerto serial) 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de comunicación de la Red de Ethernet 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de la comunicación (control y monitoreo) de la operación en el MMI 	PLC sigue operando, las funciones y la secuencia de arranque podrán ser iniciadas y monitoreadas en el OCP	<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 		

Tabla 7.8 FMEA PLC

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla PLC

No. DE DIBUJO: Plantilla PLC.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Dispositivo basado en microprocesadores el cual es programado para operar en una secuencia particular en respuesta a señales de entrada externas. La lógica de control reside en la memoria del procesador, la cual puede ser modificada para permitir cambios en las aplicaciones o corregir errores de la programación inicial.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de entradas de sensores de velocidad 	<ul style="list-style-type: none"> Se pierden las señales de los sensores de velocidad del Generador de Gases y de la Turbina de Potencia Paro de unidad (no se cumplieron los valores mínimos de velocidad) 		<ul style="list-style-type: none"> No existen salvaguardas 	OPERACIÓN NORMAL IA OPERACIÓN ANORMAL IIA2, 4,5 IIB IIC1,2,4 IID IIE1,2 y 4 OPERACIÓN DE EMERGENCIA III A – G	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales de verificación para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock tarjetas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar un programa de mantenimiento específico
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de entradas de señales discretas 	<ul style="list-style-type: none"> Paro de unidad 	Se desconoce la posición de las válvulas de succión y descarga de la unidad.	<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla de Módulo de salidas discretas 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de todas las indicaciones de las lámparas del tablero del OCP. Se pierden las señales de mando de bomba auxiliar y de emergencia del sistema de lubricación. Paro de por falla del PLC 		<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 		

Hoja de Tabulación de FMEA

ESTUDIO: DE LOS ELEMENTOS OPERATIVOS DEL DUCTO DE GAS DE 48"-42" φ CACTUS - SAN FERNANDO - LOS RAMONES

NOMBRE DEL NODO: Plantilla PLC

No. DE DIBUJO: Plantilla PLC.

OBJETIVO DEL DISEÑO: Dispositivo basado en microprocesadores el cual es programado para operar en una secuencia particular en respuesta a señales de entrada externas. La lógica de control reside en la memoria del procesador, la cual puede ser modificada para permitir cambios en las aplicaciones o corregir errores de la programación inicial.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de entradas y salidas analógicas 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de las señales de presión de los PT de succión y descarga de la unidad, del sistema de aceite de lubricación. Perdida de las señales de vibración en el compresor y en la turbina. Perdida de la señal de la válvula de control de flujo (GS-10) Paro de unidad y paro en el rastreo de las señales propias. del PLC. 		<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p>IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA2, 4,5</p> <p>IIB</p> <p>IIC1,2,4</p> <p>IID</p> <p>IIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p>III A – G</p>	<ul style="list-style-type: none"> Realizar pruebas funcionales de verificación para tratar de evitar condiciones anormales, tener en stock tarjetas disponibles para cuando se requieran. Contar con un procedimiento específico, en donde se indiquen las acciones a seguir cuando se presente una condición anormal que permita actuar de manera rápida y eficiente, además considerar un programa de mantenimiento específico.
		<ul style="list-style-type: none"> Falla Módulo de enlaces de comunicación (con tarjetas de entradas y salidas discretas, analógicas, (termopares y de RTD) 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de comunicación con todas las tarjetas enlazadas Paro de estación 		<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla del Módulo de entradas de termopares 	<ul style="list-style-type: none"> Perdida de las señales de temperatura. Paro de unidad por falla en el PLC.. 		<ul style="list-style-type: none"> No existe salvaguardas 		
		<ul style="list-style-type: none"> Falla por conexión eléctrica (cables abiertos) Falla por descargas eléctricas 	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida e Interrupción en las señales de las variables de campo Paro de estación y de Unidad si hay pérdida de la variable total No hay manera de monitorear y controlar estas variables desde el cuarto de control del SCADA, lecturas erróneas de las variables 		<ul style="list-style-type: none"> Control local (dispositivos y lecturas de algunas variables) 		



7.3 Análisis de resultados.

VÁLVULA DE SECCIONAMIENTO (VS-2)		
Componente	Número de modos de falla con pérdida de funcionalidad	Número de modos de falla Críticos
Equipo entre estaciones	3	1
Válvula ON/OFF a la entrada de la estación	15	5
Trasmisor de presión a la entrada de la estación	3	1
Trasmisor de presión a la descarga de la estación	3	1
Transmisor de temperatura de la estación	3	-
Interruptor por muy alta presión	3	1
RTU	11	2

TRAMPA DE ENVIÓ DE DIABLOS (TED-1)		
Componente	Numero de modos de falla con pérdida de funcionalidad	Numero de modos de falla Críticos
Equipo entre estaciones	3	1
Válvula ON/OFF a la entrada de la estación	7	4
Interruptor por muy alta presión	3	1



TRAMPA DE ENVIÓ DE RECIBO DE DIABLOS (TED-1)		
Componente	Numero de modos de falla con pérdida de funcionalidad	Numero de modos de falla Críticos
Equipo entre estaciones	3	1
Válvula ON/OFF a la entrada de la estación	15	4
Interruptor por muy alta presión	3	1
Trasmisor de presión a la entrada de la estación	3	1
Trasmisor de presión a la descarga de la estación	3	1
Transmisor de temperatura de la estación	3	-
Interruptor por muy alta presión	3	1
RTU	11	2

TRAMPA DOBLE DE DIABLOS (TDD-2)		
Componente	Numero de modos de falla con pérdida de funcionalidad	Numero de modos de falla Críticos
Equipo entre estaciones	3	1
Válvula ON/OFF a la entrada de la estación	15	4
Interruptor por muy alta presión	3	1
Trasmisor de presión a la entrada de la estación	3	1
Trasmisor de presión a la descarga de la estación	3	1
Transmisor de temperatura de la estación	3	-
Interruptor por muy alta presión	3	1
RTU	11	2



ESTACION DE MEDICION Y REGULACION CO Y SIN ANALISIS DE GAS (EM-3)

Componente	Numero de modos de falla con pérdida de funcionalidad	Numero de modos de falla Críticos
Equipo entre estaciones	3	1
Válvula ON/OFF a la entrada de la estación	15	1
Medicion	22	2
Analisis de calidad	5	-
Trasmisor de presión a la entrada de la estación	3	1
Trasmisor de presión a la descarga de la estación	3	1
Valvula ON/OFF a la decraga de la estacion.	15	2
RTU	11	2
Valvula de Control	6	

UNIDAD DE POTENCIA HIDRAULICA HPU (Actuador Rotork)

Componente	Numero de modos de falla con pérdida de funcionalidad	Numero de modos de falla Críticos
HPU	14	3

CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE PLC

Componente	Numero de modos de falla con pérdida de funcionalidad	Numero de modos de falla Críticos
PLC	12	3



ESTACION DE COMPRESION (EC-5)		
Componente	Numero de modos de falla con pérdida de funcionalidad	Numero de modos de falla Críticos
Equipo entre estaciones	4	1
Válvula ON/OFF de by-pass la entrada de la estación	15	1
Válvula ON/OFF a la entrada de la estación	15	1
Válvula de seccionamiento a la entrada del compresor	15	3
Válvula de seccionamiento a la entrada del compresor	15	3
Medición	22	2
Trasmisor de presión a la entrada de la estación	3	1
Trasmisor de presión a la salida del compresor	3	1
Trasmisor de presión a la salida de la compresor	3	1
Trasmisor de presión a la entrada de la estación	3	1
RTU	11	2
Valvula de Control	6	
Análisis de Calidad	3	-

- Se identificaron que los elementos críticos a lo largo del sistema son las válvulas de seccionamiento y los compresores, ya que fueron los que contaron con más número de fallas críticas que propician en paro de la estación.



7.4 Evaluación de la Confiabilidad Operativa.

La palabra confiabilidad designa la probabilidad de que un sistema cumpla satisfactoriamente con la función para la que fue diseñado, durante determinado período y en condiciones especificadas de operación. Así un evento que interrumpa ese funcionamiento se denomina falla. "La Teoría de la Confiabilidad se ocupa principalmente de las fallas de los sistemas. Sin embargo, no indaga tanto en los fenómenos que las causan sino en la frecuencia con que ocurren. Por lo tanto no es una teoría física de las fallas, sino una teoría estadística, una teoría de probabilidades."³⁹

Dentro del entorno de la función mantenimiento, las organizaciones de categoría Clase Mundial (Labib, 1999), proponen mejorar sus procesos a partir de la práctica 10 denominada: Producción basada en la optimización de la Confiabilidad Operacional. Esta práctica la define Woodhouse (1996) como: "la capacidad de una instalación o sistema (integrados por procesos, tecnología y gente), para cumplir su función dentro de sus límites de diseño y bajo un contexto operacional específico". Es importante puntualizar que en un programa de optimización de Confiabilidad Operacional, es necesario el análisis de cuatro factores habilitadores: Confiabilidad humana, Confiabilidad de los procesos, mantenibilidad de los equipos y la Confiabilidad de los equipos. La variación en conjunto o individual de cualquiera de los cuatro parámetros presentados en la siguiente figura, afectará el comportamiento global de la Confiabilidad Operacional de un determinado sistema.⁴⁰



Figura 7.17 Confiabilidad operativa.⁴¹

Bases del análisis:

- Fase I: Identificar los modos de falla específicos o mecanismos de deterioro.
- Fase II: Evolución de la confiabilidad operativa.
- Fase III: Identificación de alternativas.
- Fase IV: Desarrollo de un plan de acción.

³⁹REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA ASOCIACIÓN "CIENCIA HOY". VOLUMEN 5, N°35, 1996.

⁴⁰ <http://confiabilidad.net/articulos/modelo-integral-para-optimizar-la-confiabilidad-en-instalaciones-petroleras/>



7.5 Mitigación de Riesgos.

El manejo en las instalaciones y transporte de hidrocarburos por ducto en los diferentes Organismos Subsidiarios de Petróleos Mexicanos, conlleva riesgos de fugas y derrames que pueden derivar en accidentes que afecten al personal, la población, al medio ambiente y/o al negocio (instalaciones - producción). Para determinar medidas que prevengan su ocurrencia o mitiguen sus posibles consecuencias, se realizan los análisis de riesgos de proceso.

Estos análisis tienen como propósito identificar, analizar, evaluar y jerarquizar los riesgos que se presentan en un determinado proceso, tomando en cuenta sus posibles consecuencias y su probabilidad de ocurrencia. Posteriormente, la administración de estos riesgos se logra a través de la implantación de medidas preventivas y correctivas, que reduzcan obviamente su probabilidad de ocurrencia y/o sus posibles consecuencias, soportándolas todas ellas con un efectivo análisis costo-beneficio que permitan integrar estos proyectos a la cadena productiva, de forma segura bajo niveles de riesgo tolerables.

7.6 Proceso de jerarquización de los Modos de Falla.

Una vez definidos los eventos de fallas se procede de forma cualitativa el riesgo de cada uno de los modos de falla en función del impacto que generan los mismos dentro del contexto operacional. El método propuesto está basado en la evaluación del riesgo (Woodhouse, 2001):

Evaluación cualitativa del riesgo (Frecuencia de fallas X Consecuencias):

Factor de frecuencia de fallas/Escala 1-5

1. Sumamente improbable: menos de 1 evento en 5 años.
2. Improbable: 1 evento en 5 años.
3. Posible: 1 evento en 3 años.
4. Probable: entre 1 y 3 eventos al año.
5. Frecuente: más de 3 eventos por año.



7.7 Normatividad aplicada para análisis de Operabilidad.

El análisis identificara cuáles son los componentes que más fallan o más críticos, no es un análisis de confiabilidad probabilístico, no utiliza métodos numéricos, ni estadística, el objetivo es identificar los modos de fallas y sus efectos.

Los componentes críticos son aquellos que más daño pueden causar y por lo tanto requieren de un seguimiento, recomendación y procedimiento para prevenir una falla funcional.

Puntualizar varias distribuciones de fallas comunes logra aprender de ellas para gestionar los recursos de mantenimiento, convirtiendo el conocimiento ganado de ellas en acciones proactivas de mantenimiento y mejora operativa. Al predecir cuándo las fallas probablemente ocurran se determina el mejor momento para el mantenimiento Preventivo (o Reemplazo Preventivo) y las políticas de mantenimiento relacionadas con el PERIODO OPTIMO para operar hasta la falla o inspección. De acuerdo a lo mostrado las funciones descriptas son transformadas en Distribución de Probabilidades obteniendo DATOS históricos o utilizando Bases de Datos como las OREDA. Para encontrar la distribución apropiada para un componente o sistema real.

Las Normas ISO 14224, SAE 1739 / 1011 (RCM), y los Datos Estadísticos del OREDA, pretenden cubrir en gran parte los puntos antes mencionados.

La división en sistemas y sub sistemas de cada equipo es tan amplia como criterios se puedan definir por los operadores. Lo mismo ocurre con la profundidad de análisis para cada Modo de Falla / Causa de Falla; solo limitada por el grado de detalle al que se oriente el análisis.

Estos criterios y definiciones son tomadas del Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM por sus siglas en ingles). Presenta los lineamientos para la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos que permitan Cuantificar la Confiabilidad de Equipos y compararla con la de otros de características similares. Los parámetros sobre Confiabilidad pueden determinarse para su uso en las fases de DISEÑO MONTAJE, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.



Conclusiones.

La aplicación de la metodología del FMEA, al sistema de transporte por ducto de 48" de diámetro Cactus – Los Ramones e instalaciones, permitió identificar los modos de fallas y puntos críticos, para cada tipo de estación.

Aunque el método FMEA como tal es sencillo, el esfuerzo que exige, tanto en su fase preparatoria como en su desarrollo, obliga a que su aplicación se efectúe tras haber realizado otros análisis preliminares que hayan permitido subsanar muchas de las deficiencias normalmente previsibles, cumpliendo las prescripciones reglamentarias y estándares en materia de prevención de riesgos. De esta forma el análisis funcional de operabilidad ofrece una mayor efectividad y puede que no sea necesario que haya de aplicarse a todo el sistema. Los análisis históricos de accidentes en instalaciones similares aportan experiencias interesantes.

El análisis de funcionalidad operativa debe considerar constantemente en las especulaciones que se plantea la probabilidad de generarse las fallas que se detectan en la instalación y la magnitud de sus consecuencias, unas veces mediante estimaciones orientativas basadas en la experiencia, y en otras recurriendo a métodos tales como: El árbol de Fallas, El árbol de consecuencias, El análisis de efectos y daños

Para análisis realizados sobre un mismo tipo de equipos y sus modos de fallas posibles normalmente se encuentran dispersos y aislados, una base de datos estructurada como el OREDA, comparte datos importantes, mejorando continuamente nuevos conceptos y desarrollos en las metodologías de detección temprana, mitigación y eliminación de fallas potenciales. La implementación de una metodología como esta, debe comprometerse y centrarse en el exclusivo beneficio del Hombre y su medio, posibilitando ambientes con riesgos cada vez menores.

El sistemas SCADA es una herramienta de manejo y automatización que con el paso del tiempo se ha evolucionado junto con el desarrollo de los sistemas de comunicación y de la informática, aunque el sistema de transporte por ducto cuenta con otros sistemas de control por zonas y regiones, el sistema SCADA por su características es el que ejerce el monitoreo y control y principal de este sistema.

A fin de controlar y vigilar en tiempo real las presiones, flujos, temperaturas, etc. el SCADA auxilia en la administración, capacidad de transporte, operación remota de las instalaciones, respuesta oportuna a emergencias y la conformación de bases de datos operacionales, ya que se puede operar en tiempo real y a distancia las instalaciones de la empresa, permitiendo que ésta actúe en emergencias abriendo o cerrando válvulas en todo el país en apenas unos segundos, es posible seccionar tramos de la tubería y evitar la propagación de fugas.

Estos sistemas ya no son vistos por la gerencia como simples herramientas operacionales, sino como un recurso importante de información.

Con la implementación de una FMEA vinculado un sistema SCADA se pueden obtener una serie de beneficios los cuales pueden ser resumidos de la siguiente forma:

Mejora en la productividad del personal operador, instrumentista y de mantenimiento, así como una operación con mayor seguridad, menor riesgo de contaminación ambiental. reducir costos; menor costo operativo, debido al menor costo de operación y mantenimiento, reasignar o reducir personal,



menor costo de transporte por movilización de personal, reducir requerimientos de control futuros, mejora en el factor de servicio de los equipos e instrumentos, reducción de la incidencia de fallas, disponibilidad de la información real para los distintos niveles de la empresa.



BIBLIOGRAFÍA.

❖ Libros

- I. Alvarez, A., Parra. (2002). *Métodos estadísticos de estimación de la confiabilidad y la mantenibilidad*. Venezuela: Curso de postgrado Universidad Simón Bolívar.
- II. Charles, E., (1997). *An Introduction to Reliability and Maintainability Engineering*. Boston, Massachusetts. Editorial Mc. Graw-Hill.
- III. Labib, A.W. (1999). *A framework for benchmarking appropriate productive maintenance*. London: Management Decision Journal, Vol. 37, Iss. 10.
- IV. Lawrence T., Amy. (1992). *Automation systems for Control and Data Acquisition*. North Carolina: Instrument Society of America.
- V. Mackenzie, J. (1997). *Turn your company's strategy into reality*. Manufacturing Management Journal. January.
- VI. Murril W., Paul, (2000). *Fundamentals of Process control theory* (3rd. Ed.). North Carolina: Instrument Society of America.
- VII. OREDA. (2002). *Offshore Reliability Data (Datos de Confiabilidad Costa afuera)* Noruega: 4th Edition.
- VIII. Robin, M., Raymond, Michale, B. (1996). *The Basics of FMEA*. New York: Quality Resources.
- IX. Rodríguez Penin, Aquilino. (2012). *Sistemas SCADA* (3ra Edición). Barcelona: Ediciones Técnicas MARCOMBO.
- X. Smith, A. (1992). *Reliability Centered Maintenance*. New York: McGraw Hill Inc.
- XI. Woodhouse, J, (1996). *Managing Industrial Risk*. London: Chapman Hill Inc.

❖ Normas Oficiales Mexicanas

- I. NOM-003-SECRE-2002.- Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
- II. NOM-007-SECRE-1999.- Transporte de gas natural.
- III. NOM-027-SESH-2010.- Administración de la integridad de ductos de recolección y transporte de hidrocarburos.
- IV. NOM-009-SECRE-2002.- Monitoreo, detección y clasificación de fugas de gas natural y gas L.P., en ductos.

❖ Normas Mexicanas

- I. NMX-I-163 NYCE-2003.- Productos Electrónicos □ Sistemas Electrónicos de Energía Ininterrumpida.
- II. NMX-I-27001-NYCE-2009.- Tecnología de la Información-Técnicas de Seguridad-Sistemas de Gestión de la Seguridad Información-Requisitos.
- III. NMX-I-16085-NYCE-2009.- Tecnología de La Información-Ingeniería de los Sistemas y del Software-Proceso del Ciclo de Vida-Gestión de los Riesgos.

❖ Normas de referencia Pemex

- I. NRF-018-PEMEX-2007 Estudios de Riesgo
- II. NRF-030-PEMEX-2003 Diseño, Construcción, Inspección y Mantenimiento de Ductos Terrestres para Transporte y Recolección de Hidrocarburos. Rev. 0
- III. NRF-032-PEMEX-2005
- IV. NRF-045-PEMEX-2010 Determinación del Nivel Seguridad de Integridad de los Sistemas Instrumentados de Seguridad.



- V. NRF-046-PEMEX-2003 Protocolos de comunicación en Sistemas Digitales de Monitoreo y Control.
- VI. NRF-105-PEMEX-2012 Sistemas Digitales de Monitoreo y Control.
- VII. NRF-130-PEMEX-2007 Sistemas de Control Supervisorio y Adquisición de Datos para ductos.

❖ **Otras Normas**

- I. ISO 14224:2006, Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment (Industrias del Petróleo y del gas natural – Recolección e intercambio de información de confiabilidad y mantenimiento para equipo), Second edition. Suiza, 2006.

❖ **Páginas electrónicas**

- I. <http://www.gobokee.org/oreda-handbook-2009/>
- II. <http://www.ihs.com/es/mx/index.aspx>
- III. <http://www.pemex.com/>
- IV. <http://confiabilidad.net/articulos/modelo-integral-para-optimizar-la-confiabilidad-en-instalaciones-petroleras/>.
- V. <http://www.sirpa.fudan.edu.cn/.pdf>
- VI. <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Paginas/Normas-Oficiales-Mexicanas.aspx>
- VII. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx>
- VIII. http://medqi.bsd.uchicago.edu/documents/FailureModesandEffectsAnalysis_FMEA_1.pdf
- IX. <http://www.imca-int.com/media/73361/imcam166.pdf>



ANEXO A



Glosario de Términos.

Agrietamiento por corrosión bajo esfuerzos (SCC): Forma de ataque ambiental al metal, habiendo interacción entre un fluido corrosivo y un esfuerzo de tensión en el tubo, lo cual produce la formación y crecimiento de grietas.

Amenaza o peligro potencial: Condiciones Ambientales, condiciones del ducto o factores externos que tienen un potencial para producir efectos dañinos a la integridad del ducto o sus accesorios.⁴²

Ambiente: Conjunto de elementos naturales o inducidos por el hombre, que hacen posible la existencia y el desarrollo de la vida, en un espacio y tiempo determinados.⁴³

Análisis de Modo, Falla y Efecto (FMEA): Un procedimiento por el cual cada modo de falla potencial de un sistema es analizado para determinar los resultados o efectos del mismo en el sistema y para clasificarlo en cada modo de falla potencial de acuerdo a su severidad.⁴⁴

Análisis de consecuencias: Estudio y predicción cualitativa de los efectos que pueden causar eventos accidentes que involucran fugas de tóxicos, incendios o explosiones entre otros, sobre la población, el ambiente y las instalaciones.

Análisis de riesgos: Conjunto de técnicas que consisten en la identificación, análisis y evaluación sistemática de la probabilidad de la ocurrencia de daños asociados a los factores externos (fenómenos naturales, sociales), fallas en los sistemas de control, los sistemas mecánicos, factores humanos y fallas en los sistemas de administración; con la finalidad de controlar y/o minimizar las consecuencias a los empleados, a la población, al ambiente, a la producción y/o a las instalaciones.⁴⁵

Banda muerta: Rango a través del cual una señal de entrada puede ser variada sin obtener respuesta. Banda muerta es usualmente expresada en por ciento del alcance (span).⁴⁶

Calidad de los datos: Una característica de sistema de SCADA que crea bits de estado que reflejan la validez de datos de proceso.⁴⁷

Caracterización de riesgos: Es la documentación de los resultados de la evaluación de riesgos, mencionando los criterios y premisas tomadas para seleccionar la metodología de identificación de peligros y condiciones peligrosas, para analizar, modelar y estimar las consecuencias y la frecuencia, así como las limitaciones de la evaluación.⁴⁸

42 NOM-027-SESH-2010

43 NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

44 INFORMACIÓN PEMEX

45 NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

46 NRF-130-PEMEX-2013

47 NRF-130-PEMEX-2013

48 NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO



Componente: Cualquier componente de un sistema o red de un ducto que puede estar sujeta a la presión de bombeo, incluyendo más no limitativo a: tubería, válvulas, codos, té, bridas y terminaciones.⁴⁹

Condición peligrosa: Estado físico o nivel de operación que puede originar un accidente o gran liberación de energía o sustancias, cuyas consecuencias son daños y/o lesiones⁵⁰

Confiabilidad: Una medida de la capacidad de un sistema del SCADA para rendir decisiones exactas sobre la existencia posible de una fuga de producto en una tubería, mientras que funciona dentro del diseño preestablecido por el sistema SCADA. Este término se define y se discute completamente en la publicación 1155 del API.⁵¹

Consecuencia: Resultado real o potencial de un evento no deseado, medido por sus efectos en las personas, en el ambiente, en la producción y/o instalaciones, así como la reputación e imagen.⁵²

Corrimiento en tiempo (time skew): La variación de la transmisión por tiempo a partir de una RTU a otro en un protocolo de comunicaciones de interrogación de SCADA.⁵³

Corrosión microbiológica: (MIC). Corrosión o deterioro del metal resultante de la actividad metabólica de microorganismos.⁵⁴

Controlador Lógico Programable (PLC): Es un sistema de control que tiene memoria programable por el usuario, para almacenamiento de instrucciones de funciones específicas, tales como: control lógico de entradas/salidas, temporizadores, aritmética y manipulación de datos, entre otras.⁵⁵

Datos históricos: Datos que son recuperables en orden cronológica, mantenida típicamente por un subsistema de archivo de los datos del sistema de SCADA.

Derecho de vía (DDV): Franja de terreno por la cual pasan ductos propiedad de Petróleos Mexicanos. Etiqueta del tiempo: Una característica del sistema SCADA que registra el tiempo en que una medición o un acontecimiento ocurren junto con los datos.⁵⁶

Efecto: Es la respuesta o comportamiento del equipo o sistema ante un modo de falla específico.⁵⁷

Emergencia: Situación derivada de un accidente, que puede resultar en efectos adversos a los trabajadores, la comunidad, el ambiente y/o las instalaciones y que por su naturaleza de riesgo, activa una serie de acciones para controlar o mitigar la magnitud de sus efectos.

Entorno: Zona que rodea a la instalación, la cual podría verse afectada por los efectos de fugas o derrames de sustancias peligrosas en su interior.

⁴⁹ NRF-130-PEMEX-2013

⁵⁰ NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

⁵¹ NRF-130-PEMEX-2013

⁵² NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

⁵³ NRF-130-PEMEX-2013

⁵⁴ NOM-027-SESH-2010

⁵⁵ NRF-046-PEMEX-2003

⁵⁶ NRF-130-PEMEX-2013

⁵⁷ INFORMACIÓN PEMEX.



Escenario de riesgo: Determinación de un evento hipotético, en el cual se considera la ocurrencia de un accidente bajo condiciones específicas, definiendo mediante la aplicación de modelos matemáticos y criterios acordes a las características de los procesos y/o materiales, las zonas potencialmente afectables.

Estudio de riesgo: Documento que integra la caracterización de riesgos, así como la información técnica empleada en su evaluación; las premisas y criterios aplicados; la metodología de análisis empleada; limitaciones del estudio y el catálogo de los escenarios de riesgos, entre otros.

Etiqueta del tiempo: Una característica del sistema SCADA que registra el tiempo en que una medición o un acontecimiento ocurren junto con los datos.⁵⁸

Evaluación de riesgos: Proceso de identificar peligros o condiciones peligrosas en los materiales y sustancias o en los procesos; analizar y/o modelar las consecuencias en caso de fuga o falla y la frecuencia con que pueden ocurrir, y caracterizar y jerarquizar el riesgo resultante.

Evento: Suceso relacionado a las acciones del ser humano, al desempeño del equipo o con sucesos externos al sistema que pueden causar interrupciones y/o problemas en el sistema. En este documento, evento Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios es causa o contribuyente de un incidente o accidente o, es también una respuesta a la ocurrencia de un evento iniciador.⁵⁹

Falla: La terminación de la habilidad de un elemento de realizar su función requerida. Las fallas pueden suceder sin ser anunciadas y no detectadas hasta la próxima prueba o demanda, o pueden anunciarse y detectarse en el momento de su ocurrencia.⁶⁰

Falla de comunicación: Una interrupción en mensajería de SCADA generalmente entre el MTU y la RTU.

Puede ser pérdida de comunicación cualquier interrupción total del medio de comunicación o por la falta de respuesta de un sitio alejado a las peticiones del MTU.⁶¹

Falla crítica: Una falla que es súbita y causa suspensión de una o más funciones fundamentales. Esta falla requiere acción correctiva inmediata para devolver al elemento a una condición satisfactoria.

Falla degradada: Una falla que es gradual, parcial, o ambas. tal falla no para las funciones fundamentales, pero compromete una o varias funciones. La función puede ser comprometida por cualquier combinación de reducido, aumentó, o errático paro total. En un tiempo, tal falla puede desarrollar una falla crítica.

Falla incipiente: Una imperfección en el estado o condición de un elemento o equipo de tal modo que una falla degradada o crítica puede esperarse que resulte si una acción correctiva no es tomada.

62

58 NRF-130-PEMEX-2013

59 NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

60 INFORMACIÓN PEMEX.

61 NRF-130-PEMEX-2013



Firewall: Ajuste de programas residentes en un servidor que protege los recursos de una red interna.
63

Frecuencia: Número de ocasiones en que puede ocurrir o se estima que ocurra un evento en un lapso de tiempo.

Identificación de riesgos: Determinación de las características de los materiales y sustancias y las condiciones peligrosas de los procesos e instalaciones, que pueden provocar daños en caso de presentarse una falla o accidente.

Impacto: Efecto probable o cierto, positivo o negativo, directo o indirecto, reversible o irreversible, de naturaleza social, económica y/o ambiental que se deriva de una o varias acciones con origen en las actividades industriales.⁶⁴

Informe por excepción: Una característica de los protocolos comunicación de algún SCADA que se propusieron mejorar eficiencia de la comunicación divulgando solamente datos que han cambiado desde la encuesta anterior.⁶⁵

Incidente: Evento no deseado, inesperado e instantáneo, que puede o no traer consecuencias al personal y a terceros, ya sea en sus bienes o en sus personas, al medio ambiente, a las instalaciones o alteración a la actividad normal de proceso.

Instalación: Conjunto de estructuras, equipos de proceso y servicios auxiliares, entre otros, dispuestos para un proceso productivo específico.⁶⁶

Interfase: Interconexión. Conexión común a dos sistemas distintos de procesamiento de información, o bien a dos partes del mismo sistema. Medio de comunicación entre dos sistemas, incluye hardware y programación.

Interrogación: Un tipo de protocolo de comunicaciones de SCADA en donde peticiones secuenciales de datos de proceso de RTUs es demandado por el MTU. Estas peticiones, proceden típicamente de una manera cíclica continua.⁶⁷

Insumo: Sustancias, materiales o recursos que alimentan un proceso.⁶⁸

Interfaz Hombre-Máquina: Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta. Permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos implementados. Esta interfaz incluye generalmente los controles donde el operador se puede interconectar con el sistema de SCADA.⁶⁹

⁶² INFORMACIÓN PEMEX.

⁶³ NRF-130-PEMEX-2013

⁶⁴ NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

⁶⁵ NRF-130-PEMEX-2013

⁶⁶ NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

⁶⁷ NRF-130-PEMEX-2013

⁶⁸ NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

⁶⁹ NRF-130-PEMEX-2013



Jerarquización: Ordenamiento realizado con base en criterios de prioridad, valor, riesgo y relevancia el cual se realiza con el propósito de identificar aquellas actividades de mayor importancia que pueden afectar la operación de la instalación.⁷⁰

LDS.- Método basado en software que utiliza información de un sistema SCADA para obtener información de campo, la cual es analizada por algoritmos matemáticos para detectar y/o localizar el comienzo de una fuga de producto en tiempo real.

MAOP.- Máxima presión a la cual un ducto o un segmento del mismo pueden ser operados.⁷¹

Mitigación: Conjunto de actividades destinadas para disminuir las consecuencias ocasionadas por la ocurrencia de un accidente.

Modelo: Representación simplificada o esquemática de un evento o proceso con el propósito de facilitar su comprensión o análisis.

Modificación o cambio: Acción de alterar el estado o especificación de un material, proceso, equipo, componente o instalación, posterior al diseño, construcción u operación original.⁷²

Modo de falla: El efecto por el que una falla es observada en el elemento de falla. Los modos de falla describen la pérdida de funciones requeridas que resultan de las fallas. Los modos de falla son divididos en tres tipos principales. Estos tres tipos de modos de falla son:⁷³

Peligro: Es toda condición física o química que tiene el potencial de causar daño al personal, a las instalaciones o al ambiente.⁷⁴

Pérdida de contención: Fuga o salida no controlada de material peligroso, provocada por una falla en alguna parte o componente de las instalaciones (recipientes, tuberías, equipos u otros).

Prevención: Conjunto de medidas tomadas para evitar un peligro o reducir un riesgo.

Probabilidad de ocurrencia: Posibilidad de que un evento acontezca en un lapso dado.

Proceso: Conjunto secuencial interrelacionado de actividades y recursos que transforman insumos en productos, agregándoles valor.

Proveedor y/o contratista: Para la presente norma de referencia debe entenderse la persona física o moral que se contrata por servicios para la realización de estudios de riesgo.

Riesgo: Peligros a los que se expone el personal. Combinación de la probabilidad de que ocurra un accidente y sus consecuencias.⁷⁵

Simulación: Representación de un evento o fenómeno por medio de sistemas de cómputo, modelos físicos o matemáticos u otros medios, para facilitar su análisis.

⁷⁰ NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

⁷¹ NRF-130-PEMEX-2013

⁷² NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

⁷³ INFORMACIÓN PEMEX.

⁷⁴ NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

⁷⁵ NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO



Sistemas de seguridad (para protección de equipos y/o instalaciones): Conjunto de equipos y componentes que se interrelacionan y responden a las alteraciones del desarrollo normal de los procesos o actividades en la instalación o centro de trabajo y previenen situaciones que normalmente dan origen a accidentes o emergencias.⁷⁶

Transductor: Dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra de diferente salida. El nombre del transductor ya nos indica cuál es la transformación que realiza, aunque no necesariamente la dirección de la misma. Es un dispositivo usado para obtener la información de entornos físicos y conseguir (a partir de esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa. En este caso permitirá la conversión de una señal física en una señal eléctrica (y viceversa). Su calibración es muy importante para que no haya problema con la confusión de valores de los datos.⁷⁷

Point to Point Tunneling Protocol (PPTP): Es un método para la implementación de red privada virtual.

Proceso: Sucesión de etapas físicas o químicas, con el objeto de obtener un producto deseado.

Protocolo: Las especificaciones de los mensajes entre RTU y el MTU se refieren colectivamente como protocolo de las comunicaciones.

Red: Grupo o conjunto de computadoras, terminales, periféricos, equipos de control, etc., a través de un medio físico o inalámbrico.

Redundancia: Uso de elementos o sistemas múltiples, de igual o diferente tecnología, para desempeñar la misma función.

Registro de eventos: Una característica de sistema de SCADA que crea un expediente permanente de cambios en el estado del sistema en orden cronológico.

Repetibilidad: La habilidad de un transductor para reproducir la misma salida cuando un valor medido es aplicado a éste consecutivamente bajo las mismas condiciones y en la misma dirección.

Resolución: Cambio mínimo de una variable, que puede ser detectado por un sensor, instrumento o sistema, expresado en por ciento de su escala.

Ruido: Un componente indeseado en una señal de proceso. El ruido puede ser reducido filtrándose.

Router: Un dispositivo de red de computadoras, que guía paquetes de datos a través de una red interna a su destino.⁷⁸

SCADA: Siglas para Sistema de Control y Adquisiciones de Datos, tecnología que hace posible supervisar y controlar remotamente las instalaciones de la tubería, asociadas al transporte y distribución de productos petrolíferos por ducto.

Sistema.- Es un grupo de elementos que trabajan de manera conjunta para lograr un objetivo.

76 NRF-018-PEMEX-2007 ANÁLISIS DE RIESGO

77 "ESPECIFICACIÓN TÉCNICA DE UN SISTEMA SCADA APLICADA A INSTALACIONES PETROLERAS

78 NRF-130-PEMEX-2013



Sistema de adquisición de datos.- Es un sistema cuyo fin primario es la recolección y procesamiento de datos para su posterior almacenamiento, despliegue, transmisión o manipulación matemática para la obtención de información adicional.

Señal analógica.- Está definida como aquella que es continua en el tiempo y que puede tener un valor cualquiera dentro de un rango definido; es generada por algún tipo de fenómeno electromagnético y que es representable por una función matemática continua en la que es variable su amplitud y periodo en función del tiempo.

Señal digital.- Está definida como aquella que solamente puede tener dos valores (1 ó 0) y es discreta en el tiempo

Servidor: Dispositivo o equipo de cómputo que forma parte de una red, y que tiene la capacidad de proveer servicios, tales como acceso a la base de datos, realizar procesos especiales y la ejecución de programas dedicados.

Sincronización: Acoplamiento de dos o más dispositivos para que trabajen al mismo tiempo.

Sistema de control: Conjunto de elementos interconectados para desarrollar funciones de supervisión y control con el propósito de mantener estables las condiciones del proceso.

Sistema Digital de Monitoreo y Control (SDMC): El termino hace referencia a cualquier dispositivo basado en instrumentación y sistemas de computadoras o bien basados en microprocesadores, para funciones de control y/o de adquisición de datos.

Sistema manual: Un sistema del SCADA que no se basa sobre software con cálculos algorítmicos.

Sistema.- Conjunto de ductos, equipo dinámico, compresores, reguladores, medidores y otros equipos para el transporte y distribución de productos petrolíferos.

Sniffer: Es un monitor avanzado de diagnóstico y analizador de protocolos, proporciona un diagnóstico experto.

Software: Conjunto de programas, lenguajes y procedimientos necesarios para que los equipos que integran un sistema digital de monitoreo y control se configuren, operen, reciban mantenimiento y se reparen.⁷⁹

Sub-Sistema: El componente más pequeño de un elemento.⁸⁰

Tendencia: Comportamiento que sigue un proceso, su representación es por medio de gráficos con los cuales se permite registrar el comportamiento de las variables en tiempo real y con el paso del tiempo (histórico).⁸¹

Tiempo de la exploración: El intervalo del tiempo requerido para interrogar todas las RTUs en un canal de comunicaciones de SCADA. Tiempo también llamado de interrogación.

⁷⁹ NRF-130-PEMEX-2013

⁸⁰ INFORMACIÓN PEMEX

⁸¹ NRF-130-PEMEX-2013



Tiempo de respuesta: Tiempo requerido por la señal de medición de un detector, para ser elevada a un porcentaje especificado de su valor final, como resultado de un cambio en la variable de proceso.

82

Tiempo real: Significa que un dispositivo de medida es capaz de mostrar el valor de una variable en el instante preciso en que la misma efectivamente tiene ese valor.

Cuando se emplea computadoras, controladores o cualquier dispositivo que funciona en base a un programa de computación para procesar información de campo, aparece un desfase en el tiempo o un retardo, que puede incidir en la exactitud instantánea del valor mostrado. Esta falta de exactitud puede pasar desapercibida, particularmente en la medición de variables "lentas" o puede ser considerable si se trata de variables "rápidas".⁸³

Topología: Estructura que define como están interconectados todos los diferentes dispositivos que integran el SDMC.

Unidad Terminal Maestra o MTU: Un componente de un sistema SCADA, generalmente localizado en Centro de Control, este recibe datos de proceso de las RTUs. Además, el control de los comandos operacionales de la tubería se inicia en la MTU para la transmisión a la RTU seleccionada. También un término genérico que refiere a cualquier dispositivo al que las ediciones soliciten la información a un RTU o recibe la información de un RTU.

Unidad Terminal Remota o RTU: Un componente del sistema SCADA, típicamente instalado en un sitio en campo, estos procesan datos de los sensores para transmisión al MTU. La RTU también acepta mensajes de comando de control del MTU y transforma esos comandos a las señales de salida eléctrica. También refiere un cualquier dispositivo genérico que pueda responder llamadas, a de las peticiones de la información el MTU o el PLC o puede enviar la información no solicitada en ambiente de no interrogar.⁸⁴

82 NRF-130-PEMEX-2013

83 „DESARROLLO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA MEDICIÓN DE VOLTAJES CON SISTEMAS EMBEBIDOS PARA EL LABORATORIO DE MECA TRÓNICA DE LA FACULTAD DE MECÁNICA.”

84 NRF-130-PEMEX-2013