

50521
54



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

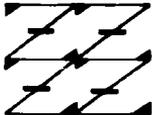
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

"ESTUDIO DE ANALISIS DE MODO, FALLA Y EFECTO (FMEA) APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACION DE BOMBEO DE GAS LICUADO DEL PETROLEO (LPG)".

EJEMPLAR UNICO

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A ;
MARIA EUGENIA MORENO CASTRO

U N A M
F E S
Z A R A G O Z A



LO HUMANO EJE
DE NUESTRA REFLEXIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

**TESIS CON
FALLA DE
ORIGEN**

PAGINACIÓN DISCONTINUA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA
DE INGENIERIA QUIMICA**

OFICIO: FESZ/JCIQ/065/02

ASUNTO: Asignación de Jurado

ALUMNA: MORENO CASTRO MARIA EUGENIA
P r e s e n t e.

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

Presidente:	I.Q. René de la Mora Medina
Vocal:	I.Q.P. Salvador Gallegos Ramales
Secretario:	I.Q. Miguel Angel Varela Cedillo
Suplente:	I.Q. Gonzalo Rafael Coello García
Suplente:	I.Q. Julio Felix Martínez Reyes

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”
México, D. F., 29 de Agosto del 2002

EL JEFE DE LA CARRERA

M. en C. ANDRES AQUINO CANCHOLA



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

***Recuerda,
que hay mucha tierra por conquistar
y mucho por hacer.***

Aquí está la vida...

***Una gran aventura
para vivirla con plenitud
sin dejar jamás de soñar,
gozando de la inmensa alegría
que siente el corazón,
que está luchando,
porque la victoria
o la derrota, no importan,
sino sólo el buen combate
y yo contigo hasta el final***

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

MARIO Y MA. ISABEL

por brindarme su confianza y comprensión para la realización de mis metas; y hoy que consigo una de ellas quiero agradecerles por enseñarme a luchar para obtener lo que se quiere y por mostrarme que no hay nada imposible, solo lo que no se quiere hacer.

A los Profesores de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, por la formación académica que me brindo y por hacerme sentir orgullosamente universitario.

Al Ing. **Delfino Galicia** y al Ing. **René de la Mora** por su valiosa ayuda y comprensión con la cual llegué a la culminación de este trabajo que ha sido un gran logro en mi vida profesional.

A mi Honorable Jurado por su valiosa cooperación para la mejora de este trabajo: **I.Q. René de la Mora, I.Q.P. Salvador Gallegos Ramales, I.Q. Miguel Angel Varela Cedillo, I.Q. Gonzalo Rafael Coello García** y el **I.Q. Julio Felix Martínez Reyes**.

A ti que me apoyaste y que compartimos muchas o pocas cosas, gracias por haber sido parte de mi vida.

DEDICATORIA

A MI HIJO:

JOSÉ PABLO

porque espero que te sientas orgulloso de tu madre cuando también compartas contigo la realización de un sueño como este, que con mucho amor te lo dedico hijo mío.

A MIS HERMANOS:

**ANA GABRIELA
MÓNICA
MARIO
JIMENA BETZABE
MA. TERESA**

porque siempre he compartido con ustedes mis logros.
Gracias por su apoyo y comprensión cuando lo he necesitado

A MIS SOBRINOS:

**SOFÍA
BRENDA ISABEL
LUIS ENRIQUE
MA. EUGENIA
MAITE
JUAN**

que con mucho cariño dedico este trabajo

Y A TODAS LAS PERSONAS:

con las que he compartido parte de mi vida: abuelitos, tíos, primos, amigos, compañeros, profesoras, maestros y en especial a los que con su recuerdo, compensan su ausencia y me motivan a seguir adelante.

CONTENIDO

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVO	5
GLOSARIO DE TÉRMINOS	6
ACRÓNIMOS	8
I GENERALIDADES	9
Sistema de Transporte de LPG	9
Estación de Bombeo	9
Sistema SCADA	9
Enfoques de Análisis de Riesgos	9
II GAS LICUADO DEL PETRÓLEO.	16
Efectos en la salud	19
III SISTEMA DE TRANSPORTE DE LPG	20
IV DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO	22
Filosofía de Operación	22
Filosofía de Control	28
Diagrama de Flujo de Proceso	34
Diagramas de Tubería e Instrumentación	35
V SCADA	38
Componentes del Sistema SCADA	39

VI LOS FMEA's DENTRO DE LAS METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.	46
Análisis de Riesgos de Proceso	46
Estimación de Probabilidad y Frecuencia	50
Análisis de Modo, Falla y Efecto (AMFE o FMEA)	52
Objetivos de un Análisis FMEA	53
Ventajas y Desventajas	53
Documentos y Diagramas de Referencia	54
Modo de Falla	55
Procedimiento	58
Alicance del Sistema de Estudio	64
VII APLICACIÓN DEL FMEA	65
1. Cabezal de Succión Principal de Estación.	72
2. Cabezales de Succión de Turbo-bombas	83
3. Turbo-bombas	91
4. Cabezales de Descarga de las Turbo-bombas	179
5. Cabezal de Descarga Principal de Estación	186
ANALISIS DE RESULTADOS	200
CONCLUSIONES	206
BIBLIOGRAFÍA	208

RESUMEN

El sistema de estudio fue una estación de bombeo de gas LP automatizada con control remoto integrada a un sistema SCADA del LPGducto, dado que las estaciones de bombeo están consideradas como uno de los componentes críticos de operación que tiene la Red de Ductos de gas LP, ya que al ocurrir una falla en los componentes principales el impacto en el sistema sería el ponerlo en peligro y si fuera muy prolongado el tiempo de reparación la falla en el sistema se detendría la distribución de gas LP, causando el paro de industrias que dependen del suministro de este gas para sus actividades y principal se afectaría la población y como consecuencia el medio ambiente ya que la contaminación sería mayor.

El trabajo contiene un glosario de términos y de acrónimos que permiten definir y tener un concepto unificado de los términos y acrónimos que se utilizan en el mismo.

En el primer capítulo se pretende dar un panorama en general de lo que contiene el trabajo y pretende dar una visualización de los análisis de riesgos así como los análisis cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos. En el segundo capítulo se muestra por medio de gráficas cuanto es lo que se a producido en los últimos cuatro años, y se puede concluir que ha sido mínimo el incremento en la producción del Gas LP en nuestro país. En este capítulo también se da información de esta mezcla de hidrocarburos.

El capítulo tres describe el sistema de transporte del LPGducto. En el capítulo cuatro se da una descripción de la estación de bombeo, también se describe la filosofía de operación y la filosofía de control de la misma.

En el capítulo cinco se hace una descripción general del sistema SCADA y como están integrados sus componentes. Cabe mencionar que el análisis realizado solo es para los componentes de la estación de bombeo que se encuentran monitoreados y/o controlados por dicho sistema, debido a que se pretende que toda la Red de distribución de gas LP se encuentre automatizada.

Se pretende mostrar resumidamente donde o cuando se puede utilizar algunas de las metodologías de análisis de riesgos en el capítulo seis.

Dentro de la aplicación de FMEA's se anexo un listado de los componentes que se encuentran controlados y/o monitoreados por el sistema SCADA, en el se pretendió resumir de alguna manera la función del elemento

Los sistemas que se tuvieron como más críticos fueron los que se encontraban ligados al panel de control de estación ya que los que estaban ligados al de la unidad que se tenía en operación contaba con una redundancia que es el panel de la unidad que se encuentra en espera.

INTRODUCCIÓN

El sistema de estudio será una estación de bombeo de Gas LP automatizada con control remoto integrada a un sistema SCADA de un ducto de transporte, dado que las estaciones de bombeo están consideradas como uno de los componentes críticos de operación que tiene la Red de Ductos de Gas LP, ya que al ocurrir una falla en los componentes principales que pudiera impactar al sistema y ponerlo en peligro se detendría la distribución de Gas LP, causando el paro de industrias que dependen del suministro de este para sus actividades, así mismo se afectaría el consumo de la población para cubrir sus necesidades básicas. Cabe mencionar que el Gas LP es considerado como una sustancia peligrosa.

En la actualidad se ha tenido principal interés en identificar, evaluar y controlar los riesgos que pueden tener un impacto considerable en la instalación así como en la población y medio ambiente, por ello se busca realizar Análisis de Riesgo de Proceso para lograrlo. Algunos de estos riesgos están ligados a los sistemas de instrumentación y control, debido a que son los medios de medición y control de los procesos y que pueden presentar diferentes fallas por falta de mantenimiento, mal diseño, errores de operación, entre otros, poniendo en peligro al personal operativo, población, medio ambiente y al propio negocio.

Una de las metodologías cualitativas dentro del Análisis de Riesgo de Proceso que se puede aplicar para la determinación de fallas para estos sistemas es el Análisis de Modo, Falla y Efecto (FMEA, por sus siglas en inglés); esta metodología es recomendable para analizar pequeños segmentos de un proceso con un alto potencial de riesgo, debido a que es muy eficaz identificando fallas críticas dentro de un sistema.

A medida que el desarrollo industrial aumenta, también se incrementa el consumo de energía y combustibles y por ende la necesidad de transporte y distribución de los mismos, de tal manera que va incrementándose el riesgo en los mismos. Este riesgo no solo puede presentarse en los medios de transporte sino también en la población y medio ambiente que se encuentran por las vías de transportación.

Aproximadamente el 75% del volumen total del gas licuado que es distribuido y consumido en la República Mexicana se produce en los centros procesadores de la zona sureste del país y es transportado desde estos centros a las terminales de distribución a través del Sistema de Transporte por Ducto de LPG, por ser el medio mas económico y seguro.

OBJETIVO

- **Mostrar la importancia de metodologías que son utilizadas para identificar fallas en los sistemas de instrumentación y control que son actualmente utilizados.**
- **Evaluar la idoneidad de las salvaguardas del proceso y de las recomendaciones para corregir las deficiencias.**
- **Proponer procedimientos para la operación normal como para la operación anormal del sistema y de emergencias.**

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Actividades Altamente Riesgosas: son aquellas actividades en las que se producen, transforman, manipulan, utilizan, desechan o almacenan sustancias altamente riesgosas porque igualan o superan la cantidad reportada, tal como se establece en los listados de "actividades altamente riesgosas", emitidos por las Secretarías de Gobernación y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (antes llamada de Desarrollo Urbano y Ecología), publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992, y los que en lo sucesivo se emitan. Algunas operaciones peligrosas pueden corresponder a esta categoría.

Análisis de Riesgo: 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 y 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 en los empleado, público en general, el medio ambiente, la producción y/o las instalaciones (equipo y maquinaria)

Análisis de Riesgos de Procesos (ARP): un programa organizado para identificar, evaluar y controlar los riesgos asociados con las actividades de producción, almacenamiento y transporte. Es un estudio amplio y sistemático de los procesos, mediante el uso de métodos reconocidos de identificación de los peligros, consta del análisis de las consecuencias y de la revisión de los riesgos del proceso.

Análisis Cualitativo: es el desarrollo de técnicas que consisten en identificar los peligros en los procesos y examinar de que manera se pueden reducir o eliminar los riesgos que presentan estos peligros, a los trabajadores, a población aledaña o al medio ambiente.

Análisis Cuantitativo: es el desarrollo de estimaciones numéricas de la frecuencia esperada y/o las consecuencias de accidentes potenciales asociados con una instalación o proceso, basados en evaluaciones de ingeniería y técnicas matemáticas.

Análisis de Consecuencias: es el cálculo de los efectos, resultado de un incidente independientemente de la frecuencia o de la probabilidad.

Centro de Control: Es el lugar físico donde se encuentran los equipos del Sistema SCADA a través de los cuales se monitorea y controla el Sistema de Transporte de Gas L. P. Existe otro **Centro de Control** denominado **de Contingencias**, el cual es un espejo del Centro de Control ubicado en el Centro Administrativo.

Consecuencia: resultado de un evento no deseado, medido por el efecto en los empleados, público en general, el medio ambiente, la producción y/o las instalaciones (equipo y maquinaria).

Control y Mitigación del Riesgo: ingeniería, equipo y procedimientos de medidas de control que reduzcan la probabilidad y severidad de las consecuencias de un riesgo identificado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Diablo: es un dispositivo mecánico para limpieza y eliminación de aire, o un dispositivo sofisticado para verificar dimensiones y defectos interiores del ducto.

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

Evento: acontecimiento relacionado con el funcionamiento del equipo o acción humana, o un acontecimiento externo (al sistema) causante de contratiempos al mismo.

Falla: La terminación de la habilidad de un elemento para 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.

Peligro: es el potencial con el cual se crea una consecuencia adversa indeseable y que crea adversos impactos en personas, el ambiente y a la propiedad. Esto representa una incalculable pérdida potencial y puede comprender una condición, una situación, o un escenario con un potencial de crear consecuencias indeseables.

Riesgo: el riesgo puede ser considerado como la probabilidad de un efecto adverso, o una evaluación de amenaza a personas, al ambiente o a la propiedad, esperado de alguna situación peligrosa, esto es una medida de la probabilidad y severidad de consecuencias adversas de exposición a receptores potenciales esperando que el sistema falle; esto puede ser simplemente representado por la medición de la frecuencia de un evento, el riesgo representa la evaluación de la pérdida de potencial, entre la estimación por la expectativa matemática de las consecuencias de que ocurra un evento adverso (definido por el producto de los componentes de la probabilidad de ocurrencia {P} y la severidad de consecuencia de ocurrencia {S}).

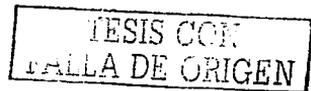
$$\text{RIESGO} = P \times S$$

De hecho, el riesgo depende del grado de peligrosidad, así como en la cantidad de salvaguardas o medidas preventivas contra efectos adversos.

Riesgo del proceso: una condición con el potencial de provocar la emisión de (o la exposición a) una sustancia peligrosa, lo que a su vez pudiera causar lesiones graves al personal y daños importantes a las propiedades y al medio ambiente.

Sistema: Sección del proceso, equipo y/o instrumento definido para estudio.

Sustancia Peligrosa: sustancia o mezcla que se ajusta a lo establecido en los listados de "Actividades Altamente Riesgosas", emitidos por la Secretarías de Gobernación y de Medio Ambiente y Recursos Naturales (antes de Desarrollo Urbano y Ecología), publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992 (y los que en lo sucesivo se emitan, por éstas u otras entidades gubernamentales), y en consecuencia, puede ocasionar una afectación significativa a las personas, al ambiente o a los recursos materiales, también serán consideradas sustancias peligrosas las que estén sujetas a reglamentación especial por otras dependencias, actualmente o en fecha posterior, como es el caso de las sustancias radiactivas y los explosivos. Los criterios generales de peligrosidad de las sustancias se establecen en razón de sus propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radiactivas, corrosivas o biológico- infecciosa.



ACRÓNIMOS

FMEA	Failure Modes and Effects Analysis
AMFE	Análisis de Modo, Falla y Efecto.
CCC	Centro de Control de Contingencias
CCM	Centro de Control de Motores
CCP	Centro de Control Principal
CMA	Asociación de Fabricantes Químicos
CMS	Estación de Monitoreo Central
CRE	Comisión Reguladora de Energía
DFP	Diagrama de Flujo del Proceso
DOT:	Department Of Transportation
DTI's	Diagrama de Tuberías e Instrumentación
EHS	Administración de Salud, Seguridad y Medioambiente
EPA	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)
HAZOP	Hazard & Operability (Estudio de Peligro y Operabilidad)
LPG	Liquefied Petroleum Gas (Gas Licuado del Petróleo), algunos sinónimos son: Gas LP, Gas licuado comercial, odorizado, gas licuado de propano
MMI	Interfase Hombre Maquina
OCP	Operator Control Panel (tablero de Control del Operador)
OSHA	Occupational Safety And Health Administration (enfoque: trabajadores y condiciones en el centro de trabajo)
PHA	Process Hazard Analyses (Análisis de Riesgo de Proceso)
PLC	Controlador Lógico Programable
RMPP	Programa de Administración para la Prevención de Riesgos
RTU	Unidad Terminal Remota
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition (Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos)
SSDL	Paro de estación asegurado
USDL	Paro de unidad asegurado

TESIS DE
FALLA DE

I GENERALIDADES

Sistema de Transporte de LPG

Aproximadamente el 60% del volumen total del gas licuado que es distribuido y consumido en la República Mexicana se produce en los centros procesadores de la zona sureste del país y es transportado desde estos centros a las terminales de distribución a través del Sistema de Transporte por Ducto de LPG, por ser el medio más económico y seguro.

El sistema de Transporte por ducto de Gas L.P. está conformado por 8 Centros Productores de gas licuado, 11 Terminales de Distribución, 5 Estaciones de Bombeo, 5 Estaciones de Regulación y Medición, 4 Estaciones de Medición, 2 Estaciones de Regulación de Presión y válvulas de seccionamiento. El transporte por ducto es parte de un sistema integral de producción, transporte, distribución y comercialización, en donde la falta o falla de algunos de estos elementos puede significar la inestabilidad del sistema con grandes pérdidas económicas.

Estación de Bombeo

El objetivo de cada estación es rebompear el LPG enviado desde los centros productores ó procedente de la estación de bombeo anterior con destino hacia los centros consumidores. Este centro transformador de energía que convierte la energía mecánica procedente de una turbina de Gas, en energía de fluido mediante equipo de bombeo centrífugo, para ello se cuenta con una turbo-bomba en operación continua, tuberías para succión y descarga de producto, filtros en la succión, válvulas para recirculación de flujo, válvulas para alivio de presión en la descarga y sistema de medición de flujo.

Sistema SCADA

El SCADA es un sistema computarizado de monitoreo y control remoto que permite manejar simultáneamente instalaciones dispersas. Este sistema colecciona y procesa en tiempo real información sobre flujo, presión, temperaturas y otros en las distintas instalaciones. Asimismo, permite operar a control remoto estaciones de medición, de bombeo, de compresión y válvulas de seccionamiento, además de controlar el empaque del sistema de ductos.

La implementación del SCADA implica un cambio radical en la filosofía de operación de ductos por lo tanto es necesario contar con un estudio para identificar riesgos en las áreas, equipos y puntos críticos de la red de ductos y sus instalaciones, cuyas probabilidades de falla se incrementan durante su operación bajo el esquema del sistema SCADA por lo que es conveniente el desarrollar metodologías que permitan la posibilidad de detectar errores y fallas humanas o de componentes del sistema que pudieran causar o contribuir a acontecimientos peligrosos los cuales deben ser reducidos significativamente.

ENFOQUES DE ANÁLISIS DE RIESGOS

Como disciplina formal, la evaluación de riesgos apareció en las décadas de 1940 y 1950, al mismo tiempo que el surgimiento de la industria nuclear. Los análisis de riesgos de la seguridad han sido

utilizados por lo menos a partir de la década de 1950 los 50's en las industrias nucleares, refinación de petróleo y de procesos químicos, así como en la aeroespacial.

A raíz de los innumerables accidentes ocurridos a lo largo de la historia surgió la preocupación por disponer de un método de análisis que permitiera conocer y por lo tanto prevenir y proteger de los riesgos inherentes a las actividades industriales. Sin embargo, no fue hasta 1982 que surgió la primera legislación que contempló estos estudios, siendo la directiva Seveso Europea 82/501⁴.

En México la primera legislación en exigir estudios de riesgo de acuerdo a la metodología de Análisis de Riesgo, fue la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, publicada el 28 de enero de 1988 y más en particular, su revisión del 13 de diciembre de 1996, en sus artículos 146 y 147.

La Administración de Riesgos consiste en evaluar el peligro y riesgo para la toma de decisiones que ayudan a mejorar el proceso, y de ser necesario, controlar fuentes de exposición y riesgo. Aun cuando la evaluación de riesgos está enraizada en la ciencia, lo último que resulte depende de las preguntas con las que se buscó, una respuesta, cómo se lleva a cabo y la forma cómo están estructuradas. Lamentablemente, demasiadas evaluaciones de riesgos demuestran ser de poco o ningún valor para los administradores de riesgos por una planificación inadecuada.

El uso de la Evaluación de Riesgos en la Administración de Riesgos corporativos se vuelve cada vez más evidente. Los negocios pueden verse obligados a responder a preocupaciones reglamentarias, para rediseñar el perfil de riesgos de sus operaciones, administrar los esfuerzos de prevención de la contaminación o crear estrategias a largo plazo basadas en principios de administración de riesgos. Además de reglamentos emitidos por la EPA, OSHA y otras, las políticas EHS corporativas se ven influenciadas más y más por un número de fuerzas no tradicionales que influyen en los asuntos de riesgos: Instituciones Financieras (por ejemplo: Bancos, Compañías de Seguros), la Comisión de Valores y Cambios, Asociaciones Industriales (por ejemplo, la CMA), la Internacional Organization for Standardization (ISO) así como las expectativas públicas.

Otro ejemplo de una reglamentación que exige evaluaciones más detalladas es la disposición del escenario del peor de los casos de la regla RMPP propuesto por la EPA. Para estos escenarios se consideran las consecuencias de un accidente que incluye una liberación total de los materiales peligrosos en el sitio.

En la evaluación y administración de riesgos se busca responder a preguntas tales como: ¿Qué puede salir mal y por qué, que tan factible es, que tan malo puede ser y que podemos hacer al respecto?

Por lo tanto el riesgo es una función de la naturaleza del peligro, su facilidad de acceso o vía de contacto (posibilidad de exposición), características de la población expuesta (receptora), la posibilidad de que ocurra y la magnitud de exposición y consecuencias, así como los valores públicos.

Los principales tipos de evaluación de riesgos y su enfoque se presentan en la siguiente figura.

**Evaluación
de
Riesgos**

— **Riesgos de Seguridad**

baja probabilidad, altas consecuencias, accidentales, agudos
(énfasis en la seguridad humana)

— **Riesgos de la Salud**

elevada probabilidad, bajas consecuencias, continuas, crónicas
(énfasis en la salud humana)

— **Riesgos Ecológicos y Ambientales**

cambios sutiles, interacciones complejas, extenso periodo latente,
macroespacios
(énfasis en la seguridad humana)

— **Riesgos de Bienestar Público y Buena Disposición**

percepciones, preocupaciones por el valor de la propiedad, estética
(énfasis en valores)

— **Riesgos Financieros**

viabilidad del negocio, responsabilidad, seguros, utilidades sobre la inversión
(énfasis económico)

Aplicaciones

Las evaluaciones de riesgos pueden aplicarse en una gran variedad de situaciones, por ejemplo, para:

- Evaluar los beneficios y costos de los reglamentos existentes y propuesto.
- Evaluar beneficios vs los riesgos
- Valorar beneficios (rendimientos más altos, menos desperdicios) vs los riesgos (contaminación del medio ambiente).
- Evaluar la ubicación de instalaciones, la seguridad de los procesos y los riesgos de transportación para ayudar en la selección de sitios y rutas y mejorar el diseño.
- Realizar análisis de línea de base de un sitio o instalación para determinar la necesidad de acciones correctivas y el grado de limpieza requerido.
- Desarrollar metas de erradicación de contaminantes cuando las autoridades federales o estatales no han publicado normas numéricas o buscar variación de las normas y guía (por ejemplo, límites de concentración alternos).
- Construir escenarios de "que sucedería si", por ejemplo, para comparar el impacto potencial de alternativas reparadoras y establecer prioridades para una acción correctiva.
- Evaluar tecnologías existentes y nuevas para una prevención efectiva, control o mitigación de peligros y riesgos.
- Crear un marco científico para cerrar o suspender actividades en instalaciones.
- Atención a las preocupaciones de la comunidad en asuntos de salubridad y seguridad públicas y proporcionar una base consistente de expectativas entre diferentes situaciones.
- Proporcionar una base científica para una reducción de riesgos colectiva y un programa de administración.

Una vez que los peligros son identificados, pueden evaluarse los riesgos que representan. Una evaluación de riesgos o análisis es el proceso mediante el cual se estiman la forma, dimensión y características de los riesgos. El producto final de un análisis de riesgo puede ser una medida de la pérdida económica, las heridas a seres humanos, los daños al medio ambiente u otras pérdidas en términos de la posibilidad de los eventos que podrían causar tales pérdidas y la magnitud del daño - sus consecuencias.

Los estudios de evaluación de riesgos pueden realizarse sobre un proceso completo, una unidad, o escenarios previamente seleccionados. También pueden ser dirigidos hacia muertes fuera del sitio, daños ambientales y otras consecuencias. Los enfoques de evaluación de riesgos difieren en mayor grado en términos de nivel y detalle; el nivel adecuado normalmente se determina por los peligros específicos, el nivel de riesgo inherente en un proceso estimado (según se determine a través de la evaluación de peligro) y la disponibilidad de datos. Cuanto más detallados sea el estudio, más tiempo y recursos requiere.

La mayoría de las evaluaciones de riesgos son cualitativas o semicuantitativas y un número más pequeño de ellas son cuantitativas. Los análisis cualitativos y semicuantitativos se consideran apropiados para propósitos de clasificación, utilizando una medida aproximada o relativa del riesgo como en un escenario del "peor de los casos". Las políticas corporativas o los requerimientos reglamentarios con frecuencia especifican la metodología, nivel del detalle o formato de los resultados. Por ejemplo, a partir de 1989, California exigió que quienes manejan materiales altamente peligrosos identifiquen el peligro más viable en sus instalaciones y realicen un análisis de dispersión. Se requería una evaluación semicuantitativa que utilizara aquellos escenarios de liberación que fueran considerados los más probables*.

Ya que las evaluaciones cuantitativas de riesgos incluyen un compromiso significativo de los recursos de una compañía, la mayoría de las empresas adoptan un enfoque de niveles múltiples para el estudio del riesgo que se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Resumen de los niveles de evaluación de riesgos.

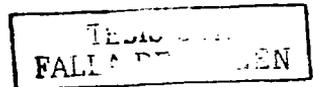
Nivel	Estrategia del riesgo	Resultado de acciones
Nivel 1	Clasificación	Consecuencias del peor de los casos; evaluación de inventarios de materiales peligrosos importantes
Nivel 2	Encuesta	Evaluación semicuantitativa de los principales peligros del proceso, sistemas de administración de la seguridad, capacidades de respuesta de protección de incendios/emergencias
Nivel 3	Evaluación	Cuantificación plena de los riesgos operacionales

Fuente: Arthur D. Little Inc.

Análisis Cualitativo

Los enfoques de clasificación de riesgos (Nivel 1) son cualitativos por naturaleza, y presentan revisiones de arriba abajo de los peligros del peor de los casos y los riesgos y asignan sitios de las plantas o actividades dentro de una planta que representan el mayor riesgo. Los factores que los analistas consideran incluyen:

- Inventario de materiales peligrosos (cantidad máxima)
- Propiedades de materiales peligrosos (volatilidad, toxicidad, inflamabilidad)
- Condiciones de almacenamiento (temperatura, presión)
- Distribución de la población (densidad/distancia)



El enfoque principal de la clasificación es el inventario de materiales peligrosos que podrían liberarse y la meta es la de propiciar clasificaciones por prioridades de instalaciones o actividades dentro de las plantas que permitan a la compañía decidir qué áreas representan un riesgo suficientemente alto que ameriten evaluaciones adicionales, qué áreas ocupan un nivel medio de riesgo para los cuales la evaluación es menos urgente y qué áreas representan un riesgo lo bastante bajo que determinan que no es necesario hacer una mayor evaluación.

En suma, la clasificación de riesgos es una herramienta para ayudar a la administración a decidir dónde hay que asignar recursos en técnicas de evaluación. Un principio clave de la evaluación de riesgos es que las técnicas de evaluación sólo deben utilizarse en el grado necesario para tomar decisiones en cuanto al control de riesgo. Con una clasificación de riesgos efectiva, las compañías pueden concentrar el esfuerzo de evaluación del riesgo en donde proporcione el valor máximo.

Por lo general, las empresas realizan la clasificación de riesgos mediante la recopilación de información de instalaciones y pocas veces incluyen inspecciones en el sitio a ese nivel del estudio. Problemas como los siguientes deben incluirse al planificar un estudio de clasificación de riesgos:

- Inclusión o exclusión de servicios
- Tratamiento de peligros secundarios o efecto "dominó" que viene después del peligro inicial
- Suposiciones utilizadas para desarrollar estimados de frecuencias y consecuencias
- Definiciones de estimados de riesgo cualitativo (por ejemplo, altos, medianos, o bajos)
- Bases para la asignación de prioridades de riesgos (criterios para comparación)
- Condiciones bajo las cuales otros análisis adicionales deben realizarse

Un reporte de clasificación de riesgos incluirá un análisis de la metodología, una presentación y análisis de los resultados de asignación de prioridades y un análisis de las acciones recomendadas. Por lo común, estas recomendaciones indican dónde son necesarias evaluaciones adicionales.

Análisis Semicuantitativo

Después del incidente en Bhopal, las empresas químicas buscaron enfoques simples, efectivos y nada complicados para evaluar los riesgos importantes. Las encuestas de riesgos importantes son una forma de estudio semicuantitativo emprendido para identificar y clasificar eventos episódicos que tienen el potencial de producir consecuencias severas en términos de daños a la propiedad, interrupción del negocio, heridas y/o muertes en seres humanos. Son útiles en especial para empresas operativas que tienen grandes números de instalaciones de proceso diversos. El enfoque combina la inspección en el sitio con técnicas establecidas de evaluación de riesgos. Los aspectos cubiertos incluyen:

- Principales peligros del proceso
- Sistemas de administración de la seguridad
- Equipo y programas de respuesta para la protección de incendios/emergencias
- Consecuencias de peligros (por ejemplo, daños al equipo, interrupción del negocio, heridas, muertes)
- Clasificación de riesgos semicuantitativos de escenarios que incluyen materiales peligrosos
- Recomendaciones para la reducción de riesgos

Los resultados obtenidos por lo común en encuestas semicuantitativas incluyen:

- Mantenimiento preventivo y programas de pruebas inexistentes o incompletas
- Aislamiento inadecuado de grandes inventarios
- Administración inexistente o incompleta de procedimientos de cambios
- Diagramas de Tubería e Instrumentación (DTI's) y procedimientos de operación obsoletos
- Falta de programas de capacitación informales y de reentrenamiento
- Revisiones Informales de Identificación/diseño de peligros
- Tierras/enlaces inapropiados
- Válvulas en bloque bajo dispositivos de alivio que no funcionan como es debido
- Protección inadecuada contra incendio, depósitos de agua, confiabilidad, capacidad, presurización, distribución y/o aplicación inadecuadas
- Falta de mantenimiento preventivo para la pérdida de equipo preventivo
- Falta de una planificación amplia de respuesta a emergencias (por ejemplo, cobertura continua, capacitación, equipo de protección personal)

Análisis Cuantitativo

Los elementos básicos de un Estudio de Riesgo son la identificación del peligro, cuantificación a través del análisis de consecuencias y estimación de probabilidades o frecuencias y la determinación y reporte de los riesgos. El primer paso es analizado bajo la "evaluación del peligro" y la "evaluación cualitativa de riesgos". En el segundo paso, el análisis de consecuencias utiliza enfoques de modelado matemático para estimar los peligros físicos de un incidente como su extensión, severidad y duración. La probabilidad y frecuencia de fallas de equipo y otros eventos que conducen a consecuencias adversas son estimadas utilizando enfoques como el Análisis de Árbol de Fallas, Análisis de Árbol de Eventos y la evaluación de datos históricos. En el paso final, el reporte de riesgos, estos métodos de estimación se integran en perfiles de riesgo y otras medidas para mostrar el riesgo de heridas, muertes, o daños en la propiedad.

Los métodos cualitativos y cuantitativos no se excluyen mutuamente; factores cualitativos como la administración de la seguridad y programas de prevención de pérdidas se toman en cuenta en métodos cuantitativos a través de su efecto sobre probabilidades y consecuencias. Estos factores pueden reducir la posibilidad de fallas y mejorar la capacidad de una instalación para responder con rapidez y efectividad a un incidente. Por ejemplo, la frecuencia de pruebas y calibración afecta las tasas de fallas de instrumentación.

El análisis cuantitativo de riesgos ayuda a los analistas y gerentes a determinar la importancia relativa de cada uno de un número de eventos indeseables, permitiendo a las compañías tomar decisiones en cuanto al enfoque de esfuerzos de reducción de riesgos donde sean más efectivos. Situaciones típicas en las cuales el análisis cuantitativo de riesgos puede proporcionar información para la toma de decisiones incluyen:

- Decidir entre alternativas de mitigación de riesgos
- Determinar la tolerancia de niveles de riesgos para trabajadores y/o el público
- Decidir si se emiten permisos para un proyecto (y bajo qué condiciones) o no

Análisis de Modo, Falla y Efecto

- Evaluar lo adecuado de la cobertura de seguros
- Asegurar el cumplimiento de estándares corporativos para riesgos tolerables

La contribución del análisis cuantitativo de riesgo en el proceso de toma de decisiones también depende del uso consistente de suposiciones dentro y entre estudios. El analista debe seguir guías o presunciones estándar para factores como:

- El nivel de preocupación por sobreexposición (por ejemplo, radiación térmica o materiales tóxicos)
- La probabilidad de sufrir una consecuencia específica, dada la exposición a cierto nivel de peligro
- Bases de datos de las cuales deben obtenerse las tasas de fallas
- Selección de paquetes/modelos de modelado de consecuencias y los parámetros de entrada
- Tratamiento de la incertidumbre
- Presentación de resultados

II GAS LICUADO DEL PETRÓLEO.

Es un combustible de alto poder calorífico, compuesto por hidrocarburos como propano, butano, propileno y butileno, es incoloro e inodoro, odorizado con adición de mercaptanos con la finalidad de hacer notar su presencia debido a su peligrosidad altamente inflamable. Cuando se extrae, derrama o fuga del recipiente que lo contiene, se expande rápidamente sobre todo si se encuentra contenido a alta presión.

En 1946 se inicia la comercialización del gas LP como una estrategia para sustituir en las casas-habitación de las zonas urbanas la utilización de combustibles vegetales como el carbón, la leña y la maleza.

En el año 2001 se consumen diariamente cerca de 330 mil barriles diarios de gas LP, de los cuales, atendiendo a las tendencias recientes, el 62% de la demanda total se destina al consumo residencial, el 12% al sector industrial, el 10% al comercio, el 8% al transporte y otro 8% a otros sectores.

En un consumo doméstico diario este gas LP es utilizado básicamente para la cocción de alimentos, el calentamiento de agua y un poco para la calefacción doméstica, satisfaciendo el 42 por ciento de las necesidades de energía de las viviendas de nuestro país.

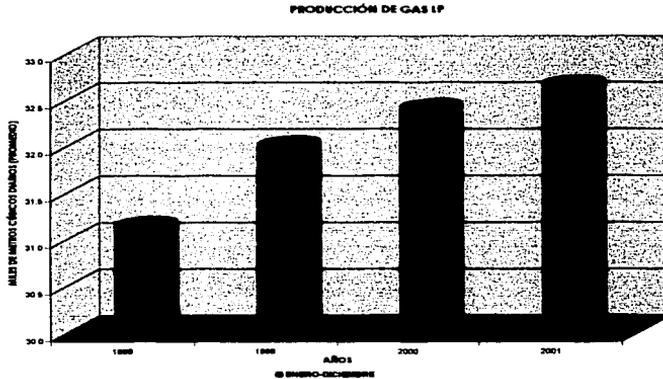
A pesar de que el consumo global de gas LP en el país ha registrado un crecimiento ligeramente superior al cuatro por ciento en los últimos diez años, en el sector doméstico sólo se ha incrementado el consumo en una tasa anual promedio del 2.6 por ciento.

La producción y las importaciones de Gas LP

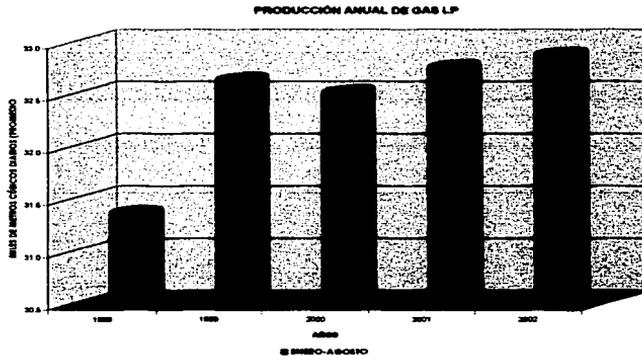
Pese a cierto ascenso durante los años 1990 a 1996, y prácticamente como ha sucedido en el caso de todos los demás petrolíferos que se producen en México, desde hace diez años la producción nacional de gas LP se ha estancado en un volumen diario de entre 225 a 230 mil barriles. Precisamente por ello, la satisfacción de un consumo interno en continuo crecimiento se ha tenido que satisfacer con importaciones que van en aumento. En el año 2000, fue necesario un volumen de importaciones de propano, butano y otros gases licuados del petróleo del orden de 123 mil barriles diarios, justamente el 39 por ciento del consumo nacional.

En la gráfica 1 se puede observar un ligero incremento del 3 por ciento entre 1998 y 1999 de la producción de Gas LP diaria (en promedio); en los años sucesivos es aún menor el incremento.

Para el periodo del mes de enero al mes de agosto de 1998 al 2002, se puede observar en la gráfica 2 que se tiene un ligero incremento de casi un cinco por ciento en la producción diaria del Gas LP (promedio).



Gráfica 1. Producción diaria en promedio del Gas LP.



Gráfica 2. Producción diaria en promedio del Gas LP en el periodo de Enero-Agosto.
Fuente: CRE con base en la información de los Indicadores Petroleros.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Análisis de Modo, Falta y Efecto

Según la declaración del Secretario de Energía de México, Ernesto Martens, en octubre de 2001, entre 2000 y 2006 "la demanda se incrementará de gas licuado de petróleo en 17%. Para el año 2002 señaló que México modificaría su política energética para dar mayor prioridad al gas que al petróleo y comenzar a invertir en el "negocio del futuro", porque la demanda de gas crecerá 120% en los próximos 10 años sobre todo para generar energía eléctrica.

IDENTIFICACIÓN™

Nombre del Producto	Gas licuado comercial, odorizado
Nombre Químico	Mezcla Propano-Butano
Familia Química	Hidrocarburos del Petróleo
Fórmula	C ₃ H ₈ + C ₄ H ₁₀
Sinónimos	Gas LP, LPG, gas licuado del petróleo, Liquefied Petroleum Gas (LPG)

COMPOSICIÓN

MATERIAL	%	LEP (Límite de Exposición Permisible)
Propano	60	1000 ppm
n-Butano	40	800 ppm
Etil Mercaptano (odorizante)	0.0017 - 0.0028	50 ppm

El gas licuado tiene uno de los peores niveles de riesgo, bien usado genera múltiples beneficios, sin embargo, mal usado es un auténtico productor de calamidades, sufrimientos y desastres.

El gas licuado a presión, se vaporiza rápidamente al fugarse a la atmósfera, se debe mantener alejado de fuentes de ignición; evitar chispas, flama y calor. El múltiple de escape de un motor de combustión interna (que opera a más de 435°C) y una nube de vapores de gas licuado, provocarán una explosión. Las conexiones eléctricas domésticas o sin clasificación son las fuentes de ignición más comunes.

Utilizar exclusivamente en lugares donde se tengan óptimas condiciones de ventilación, ya que en áreas cerradas las fugas de LPG se mezclan inmediatamente con el aire, formando nubes de vapores explosivos, éstas desplazan y enrarecen el oxígeno disponible para respirar. Los vapores del gas licuado son más pesados que el aire.

Propiedades Físicas y Químicas

Peso molecular	43.7
Temperatura de Ebullición @ 1 atm	-32.5°C
Temperatura de Fusión	-167.9 °C
Temperatura de Autoignición	435.0 °C
Punto Flash	-98.0 °C
Densidad de los Vapores (aire=1) @ 15.5 °C	2.01
Densidad del Líquido (agua=1) @ 15.5 °C	0.540
Presión de Vapor @ 21.1 °C	4500 mm Hg
Relación de Expansión (líquido a Gas @ 1 atm)	1 a 242 (un litro de gas líquido, se convierte en 242 litros de gas fase vapor, formando con el aire una mezcla explosiva de 11,000 litros aproximadamente).
Solubilidad en Agua @ 20 °C	0.0079% en peso (Insignificante; menos del 0.1%)
Apariencia y Color	Gas incoloro e insipido a temperatura y presión ambiente. Tiene un odorizante que le proporciona un olor característico, fuerte y desagradable para detectar las fugas.

**TESIS CON
FALLA DE CRITICEN**

El efecto de una fuga de LPG es local e instantáneo sobre la formación de oxidantes fotoquímicos en la atmósfera. No contiene ingredientes que destruyan la capa de ozono (40 CFR parte 82). No está en la lista de contaminantes marinos DOT (49 CFR Parte 1710).

Se requiere que el personal que trabaja con gas licuado sea entrenado constantemente en los procedimientos de manejo y operación, de acuerdo a las normas aplicables. La instalación y mantenimiento de los sistemas y recipientes debe realizarse por personas calificadas y entrenadas.

El gas licuado tiene un odorizante para facilitar su detección en caso de fuga. El más común es el etil mercaptano. La intensidad de su olor puede desvanecerse debido a oxidación química, adsorción o absorción. Algunas personas pueden tener dificultades para olerlo debido a problemas nasales. Resultantes de varios factores entre los que se incluyen el alcohol, el tabaco o las drogas. El gas que fuga de tanques y ductos subterráneos puede perder su odorización al filtrarse a través de ciertos tipos de suelo. La intensidad del olor también puede irse reduciendo a lo largo de un período prolongado de almacenamiento, en un recipiente de reciente limpieza, o en contenedores que han dejado de usarse por largos períodos de tiempo.

Efectos en la salud

El gas licuado no es tóxico; es un asfixiante simple que, sin embargo, tiene propiedades ligeramente anestésicas y que en altas concentraciones produce mareos. Los efectos de una exposición prolongada pueden incluir: dolor de cabeza, náusea, vómito, los signos de depresión en el sistema nervioso central, dificultad al respirar, mareos somnolencia y desorientación. En casos extremos pueden presentarse convulsiones, inconsciencia e incluso la muerte como resultado de la asfixia. No se cuenta con información definitiva sobre características carcinogénicas, mutagénicas, órganos que afecte en particular, o que desarrolle algún efecto tóxico.

En Ojos: la salpicadura de una fuga de gas licuado provocará congelamiento momentáneo, seguido de hinchazón y daño ocular.

En Piel: el contacto con este líquido vaporizante provocará quemaduras frías.

Por Ingestión: en condiciones de uso normal, no es de esperarse. En fase líquida puede ocasionar quemaduras por congelamiento.

En caso de fuga: Se deberá evacuar el área inmediatamente, bloquear las fuentes de ignición y disipar la nube de vapores con agua espreada o mejor aún, con vapor de agua.

Productos peligrosos de descomposición: los gases o humos, productos normales de la combustión son: bióxido de carbono. Nitrógeno y vapor de agua. La combustión incompleta puede formar monóxido de carbono (gas tóxico). También puede producir aldehidos (irritante de nariz y ojos) por l combustión incompleta.

Quemaduras a la superficie corporal por calor de incendio o explosión: dentro de la zona explosiva (de 1.8% a 9.3% de gas licuado en el aire) y en presencia de una fuente de ignición, ocurrirá un incendio o explosión, lastimando a las personas cercanas y causando daño a la propiedad.

III SISTEMA DE TRANSPORTE DE LPG

Sistema de ductos

El sistema de transporte por ducto de LPG fue construido con la finalidad de enviar el gas licuado procesado en la Zona Sureste del país (más del 75% de la producción nacional de gas licuado se genera en esta zona) hacia diferentes estados de la República Mexicana para su consumo.

En la actualidad el sistema del LPG cuenta con un desarrollo de 1,800 km., siendo la columna vertebral del transporte por tubería de gas licuado que viene a cubrir en gran medida la necesidad antes mencionada, pero que aún resulta insuficiente al no cubrir las zonas Norte y Noroeste del país (pacífico).

Se inició desde principios de 1992 un programa para cambiar la instrumentación neumática tradicional por nuevas tecnologías, logrando con ello en la actualidad la implementación del sistema SCADA, considerado como uno de los proyectos más grandes en su género que actualmente se llevan a nivel internacional.

Esta implementación implicó importantes cambios en la forma de operar las instalaciones. Aunado a esta implementación se desea conocer cuales son los riesgos que puede presentarse al operar el sistema de LPG en forma semiautomática ya que unos de los objetivos a perseguir es minimizar las fallas y optimizar la operación del sistema.

Las instalaciones superficiales (figura 1) con las que cuenta el sistema de transporte de LPG-ducto son 8 Centros Productores de gas licuado, 11 Terminales de Distribución, 5 Estaciones de Rebombeo, 5 Estaciones de Regulación y Medición, 4 Estaciones de Medición, 2 Estaciones de Regulación de Presión y válvulas de seccionamiento. El transporte por ducto es parte de un sistema integral de producción, transporte, distribución y comercialización, en donde la falta o falla de algunos de estos elementos puede significar la inestabilidad del sistema con grandes pérdidas económicas.

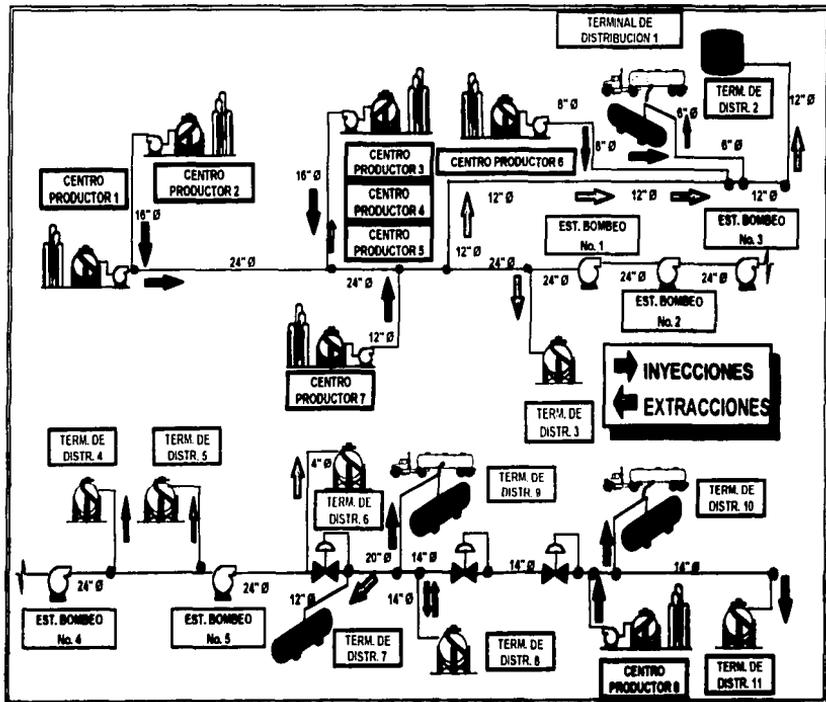


Figura 1. Descripción de Operación del Ducto de Gas L. P.

TESIS CON FALLA DE ORDEN

IV

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO

El objetivo de cada estación de bombeo es rebompear el LPG enviado desde los centros productores ó procedente de la estación de bombeo anterior con destino hacia los centros consumidores.

La Estación de Bombeo es un Centro transformador de energía que convierte la energía mecánica procedente de una turbina de gas, en energía de presión mediante el equipo de bombeo centrífugo. Cuenta con una turbobomba en operación y otra de relevo y tiene para su operación continua, cabezales para succión y descarga de producto, filtros en la succión, válvulas para recirculación por flujo mínimo, válvulas para alivio de presión en la descarga y sistemas de medición de flujo.

El objetivo del Sistema de Transporte de LPG es transportar por ducto, volúmenes de LPG, en gastos que van desde 120 hasta 220 MBPD, con un promedio de 180 MBPD, con presiones que van desde 13.0 kg/cm2 hasta 56.0 kg/cm2 con promedio de 21 a 58.67 Kg/cm2 de entrada y salida respectivamente.

El sistema al que se le realizará el FMEA será a los elementos de una estación de bombeo de gas LP que se encuentran ligados (monitoreados y/o controlados) al sistema SCADA, el cual será dividido en los siguientes sub-sistemas:

1. Cabezal de Succión Principal de la estación
2. Cabezales de Succión de Turbo-bombas
3. Turbo-bombas
4. Cabezales de Descarga de las Turbo-bombas
5. Cabezal de Descarga Principal de la estación

Así mismo, se realizaron diagramas de bloques para cada sub-sistema para tener una mejor referencia de los elementos que se encuentran monitoreados y/o controlados por el sistema SCADA.

FILOSOFÍA DE OPERACIÓN

1. Cabezal de Succión Principal de la Estación.

El proceso inicia con la llegada del LPG ducto de 24" que sale a la superficie dentro de la Estación en línea directa hacia trampa receptora de diablos, el cual cuenta con una válvula de bloqueo de 24", la cual normalmente se encuentra cerrada, afín de cortar el fluido y dirigirlo hacia la válvula principal EOY-101 que alimenta al sistema de la estación, que en condiciones normales de operación permanece abierta, esta válvula se encuentra automatizada bajo el sistema SCADA con indicadores y control de apertura y cierre, alarma de apertura y cierre del interruptor de transformación de operación automático y manual. Así mismo, de la válvula principal parte una línea de 24" la cual en primera instancia recibe una línea de 8" de diámetro, que parte del receptor de diablos y que cuenta con una válvula HOV-109, la cual permanece cerrada en

operación normal, así como también se encuentra un transmisor de presión y paro de unidad. De igual manera, a este cabezal de 24", llega una línea de 10" procedente de la válvula de alivio de presión de descarga de la estación.

Posteriormente de esta línea de 24" se ramifican dos líneas de alimentación a los filtros FV-01 y FV-02, que tienen como función eliminar las partículas sólidas que se encuentren en la corriente del LPG.

Los filtros FV-01 y FV-02, están provistos con válvulas de 20" a la entrada y a la salida de los mismos, válvula de drenado manual de 2" que envía los sedimentos a la fosa de quemado. Las salidas de los filtros se conectan al cabezal de succión, que es propiamente quien alimenta a cada equipo de bombeo, dicha línea cuenta con sensores de indicación de presión y temperatura hacia el sistema SCADA (figura 2).

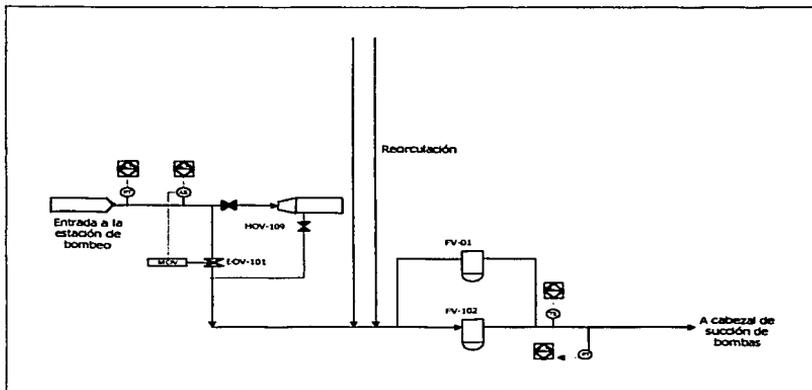


Figura 2. Diagrama de Bloques del Cabezal Principal de Succión de la Estación.

2. Cabezales de Succión de Turbo-bombas. Cuenta con dos transmisores de presión ubicado un antes y otro después de la válvula de bloqueo de succión de la bomba; la válvula de bloqueo EOY-102/4 de 24", dicha válvula se encuentra operada eléctricamente con señal al sistema SCADA que esta normalmente abierta, otra válvula de bloqueo EOY-107/8 de 2" esta en la tubería que va hacia el quemador; el flujo entra a la bomba por una reducción que va de 24 a 14" y de 14 a 12", y es impulsada por una línea de 10" que se incrementa a 20", dicha línea de descarga de 20" de la bomba, cuenta con la siguiente instrumentación: Indicación de presión y temperatura y la señal va hacia el sistema SCADA.

Dado que para ambas turbo-bombas se cuenta con el mismo equipo y en la operación normal de la estación solo opera una bomba y la otra es de relevo, solo se analizará un solo equipo y el resultado del análisis se tomará en cuenta para ambas bombas (figura 3).

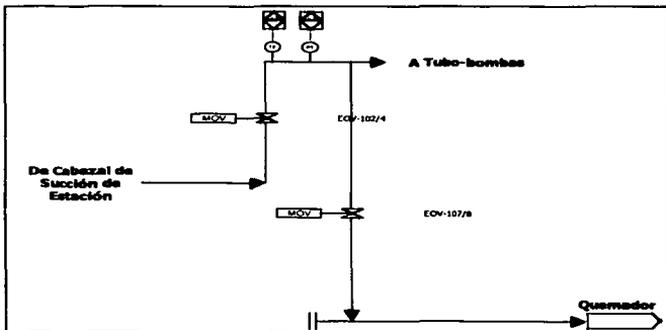


Figura 3. Diagrama de Bloques del Cabezal de Succión a bombas.

3. Turbo-bombas. La bomba es centrífuga marca Byron-Jackson (mod. F-10 x 13 DVS 1P), equipo mecánico impulsado, destinado a incrementar presión y velocidad al fluido de gas L.P., con caudal continuo e intermitente, está acoplado directamente a la turbina de gas que funge como elemento motriz.

Consta de un rodete impulsor centrífugo con aspiración lateral, flecha, anillos de desgaste, cojinetes, sellos mecánicos tipo tandem, dispositivos de lubricación, sensores de vibración, protecciones de temperatura y presión de aceite lubricante, así como un sistema de enfriamiento a sellos. Tienen la particularidad de contener dos sellos, este avanzado sistema de cierre equilibrado amplía la capacidad de trabajo del sello en sí, al contar con un sello primario de trabajo y otro secundario de sellado que en conjunto ofrecen una protección eficaz.

Las bombas cuenta con sellos mecánicos (lado cople y lado libre), diseñados para prevenir fugas de Gas L.P. del interior de la bomba hacia la atmósfera (para altas velocidades y presiones de trabajo), particularmente entre el eje giratorio de la misma y el alojamiento del sello mecánico.

La turbina de Gas Marca Ruston (Mod. TB-5000) es una máquina rotatoria de combustión interna que utiliza gas natural como combustible de flujo continuo; consta de un compresor axial de aire, cuatro cámaras de

combustión, una turbina de potencia y dispositivos auxiliares de lubricación, regulación de la velocidad, alimentación de combustible puesta en marcha y control operativo.

Su velocidad máxima de giro es de 7,950 R.P.M., con potencia 4,900 BHP correspondiente a una temperatura de operación de 487°C bajo condiciones ISO; tiene límites de temperaturas de operación para la turbina de gas TB-5000 como sigue:

Operación Continua Normal:	477 °C
Operación Continua Máxima:	487 °C
Temperatura de Alarma:	495 °C
Temperatura de Paro:	505 °C

Cuando la turbina opera normalmente, entre 477°C y 487°C se puede anticipar una vida útil del generador de gases de 24,000 horas de operación antes de la siguiente revisión.

Para cuando la turbina opera dentro de los rangos de 488 °C y 494 °C, una hora de operación equivale a 4 horas de operación; esto reduce drásticamente los intervalos entre reparaciones del generador de gases.

El gas combustible es alimentado a las turbinas que accionan las bombas de la Estación. El suministro se consigue por medio de un disparo de 6" que entra al filtro separador de condensados, saliendo una línea de 6" que alimenta al calentador de gas, donde entra a 20°C y sale a 44°C, esto con la finalidad de evitar que existan hidratos y que estos lleguen a la turbina, de aquí pasa hacia la primera etapa de regulación de presión, cuya función es reducir la presión de 37 kg/cm² a 20 kg/cm², la primera etapa cuenta con medición de flujo e indicación de presión.

De esta primera etapa de regulación, parte una línea de 4" que llega al segundo paquete de regulación y en este segundo paquete de regulación la presión se reduce de 20 kg/cm² a 16 kg/cm², saliendo hacia la alimentación del tanque amortiguador de gas de 30" y 7 m de longitud aproximadamente.

La función del tanque acumulador es proporcionar el suministro de gas de arranque y suministro de gas combustible por medio de una línea que se ramifica hacia ambas turbinas.

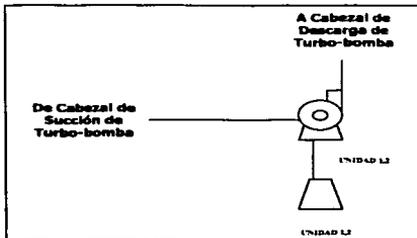


Figura 4. Diagrama de Bloques de Turbo-bombas.

4. Cabezales de Descarga de las turbo-bombas.

Esta línea de descarga llega primeramente a la válvula Yarway, la cual realiza tres funciones dependiendo del nivel de presión flujo de descarga de las bombas. Si la presión de descarga es igual a la de succión o cero, va a realizar funciones de check. Si la presión de descarga es la correspondiente al flujo mínimo de la bomba, va a permitir el paso de flujo hacia la línea de recirculación de 6", compuesta por una válvula check y una válvula tipo macho, ambas de 6", cuyo destino final es retomar hasta la succión de los filtros FV-01 y FV-02. Si la presión es la suficiente para vencer el punto de calibración de la Yarway, el flujo quedará alineado hacia el cabezal de descarga pasando por la válvula de bloqueo EOY-103.

Cuenta con un transmisor de presión, un elemento de temperatura, válvula de recirculación yarway, así como una válvula motorizada y un interruptor de flujo en el cabezal de recirculación. El cabezal de recirculación que conecta el flujo de recirculación de cada una de las válvulas de recirculación (Yarway), con la Tubería de Succión General de la Estación; su función principal es aliviar el flujo de recirculación y proteger contra daños serios resultantes del sobre calentamiento o inestabilidad del flujo principal a la bomba Centrifuga.

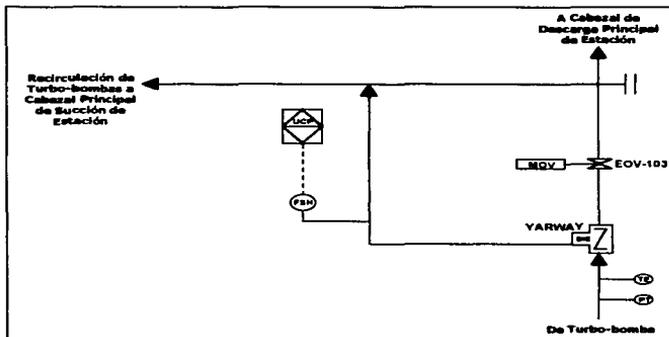


Figura 5. Diagrama de Bloques del Cabezal de Descarga de las Turbo-bombas.

La válvula de recirculación Marca Yarway (Mod. ARC serie 9100) es una válvula de diseño estable con retención incluida para control preciso de recirculación, brinda protección efectiva a las bombas centrifugas contra serios daños resultantes del sobrecalentamiento o inestabilidad que se pueden producir, incluso por pocos minutos a bajo flujo. Su operación es totalmente mecánica y autoalimentada, no tiene barras

correctoras, señales de control, válvula piloto, etc. no requiere mantenimiento, es intrínsecamente segura en todos sus sellos estáticos, no tiene empaques, y no permite fugas a la atmósfera. Consta de un disco de válvula de retención y un sensor de flujo principal sensible al flujo y no la presión. El disco se auto modula de acuerdo a la demanda del flujo principal, en posición cerrada no hay flujo principal y la recirculación esta abierta totalmente, esto protege a la bomba contra "operación a cero flujo", ya sea planeada o accidental. A medida que el disco se levanta en respuesta a un aumento del flujo principal, el elemento de recirculación que forma parte del disco, cierra gradualmente los orificios del flujo reduciendo el flujo de recirculación. Cuando el disco está en posición completamente levantada, la recirculación está totalmente cerrada y a medida que el flujo principal disminuye se produce la acción inversa y el flujo de recirculación vuelve a aumentar.

5. Cabezal de Descarga Principal de Estación.

Las líneas de descarga de ambas bombas convergen en un cabezal común de 24" que recorre el rack completo hasta llegar a la medición de flujo, compuesto por una placa de orificio con clave FE-103, con señalización hacia el sistema SCADA. Dicho sistema de medición cuenta con sus bloqueos de 20" y su línea de Bypass. La línea vuelve a cambiar de diámetro a 24" y continua hasta encontrar un ramal de donde surge la válvula de recirculación por alta presión (Válvula Brooks, PCV-118) de 8" la cual descarga al cabezal de succión de la estación.

Continuando por la línea de 24" se llega a una válvula check y una válvula de compuerta operada eléctricamente EOV-106, ambas de 24", las cuales constituyen el bloqueo de descarga de la estación.

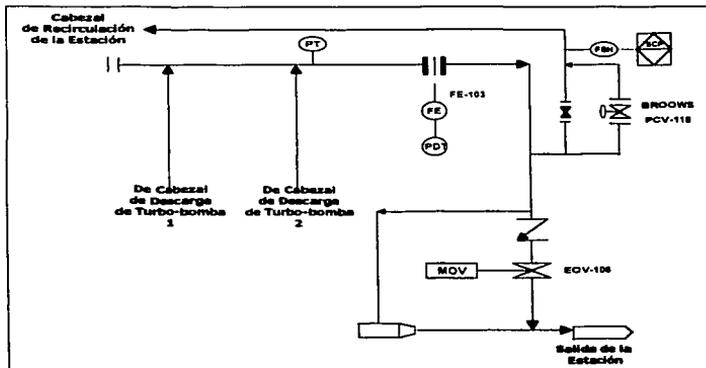


Figura 6. Diagrama de Bloques del Cabezal de Descarga de la Estación

Tubería de 24"Ø, que sirve como distribuidor del flujo proveniente de las bombas centrífugas y lo dirige hacia la descarga de la estación con dirección hacia la siguiente estación. Hay dos transmisores de presión, un elemento de temperatura un transmisor de densidad, un medidor de flujo, válvula de alivio de presión de descarga, interruptor de flujo, válvula motorizada y trampa de diablo de envío.

El arreglo de tuberías y válvulas, posterior a la descarga de las bombas Byron-Jackson, cuya función principal consiste en alojar en el interior de una de ellas, el elemento primario de medición (placa de orificio); este hace que el fluido se contraiga en presión y aumente su velocidad, para que un registrador tipo diferencial determine el flujo bajo el principio de la ley de conservación de la energía. El arreglo consta de dos tubos; uno aloja el elemento primario de medición y el otro sirve como derivador alterno (by-pass), tiene válvulas de bloqueo antes y después de cada uno, válvulas de desfogue, registrador gráfico de volumen. Esta área se ubica ente las trampas de diablos de envío y las bombas centrífugas.

La válvula de alivio de presión de descarga es una válvula marca "BROOKS", de 2 vías auto operada por piloto para trabajar hasta 1440 libras/pulg.² de presión, está calibrada para abrir por alta presión desde la descarga hacia la succión de la estación. Su función principal consiste en proteger la tubería en la descarga de la estación contra altas presiones producidas por inestabilidad del sistema de bombeo.

FILOSOFÍA DE CONTROL

El PLC de control de la estación monitorea las E/S de estación para condiciones de alarma y disparos, enviando todos los valores de E/S al MMI. Adicionalmente, el PLC de Control de la estación monitorea el estado y la integridad de los siguientes sistemas:

- Control de proceso y variables de la estación.
- Estado de las válvulas de succión y descarga de estación.
- Estado del sistema contra incendio.
- Alarmas del sistema de UPS e Inversor.
- Flujos, densidad y presiones de LPG de estación.
- Desalineamiento de las válvulas de estación.
- PLC's de Unidades (UCP's).
- El flujo de gas natural combustible a la estación.
- Interruptor de final de carrera en la válvula de bypass del medidor de flujo. Este interruptor es utilizado para habilitar la medición de flujo.

El PLC de control de la estación monitorea todos los transductores de estación y la condición de las válvulas, así como la información recibida desde el sistema SCADA y los PLC de las Unidades. Cuando se percibe una condición anormal de cualquiera de estas fuentes, el PLC de Control de la Estación iniciará una alarma o un paro. El control tomará entonces la acción individual apropiada para una alarma o paro.

Una alarma es una indicación de una condición anormal de operación. Si una condición de alarma no es corregida puede ocasionar un paro, daño de equipos o el desarrollo de condiciones peligrosas. Cuando una condición de alarma ocurre, la información específica de una alarma será enviada al MMI. La condición de alarma será anunciada también de la siguiente manera en el panel de control de la estación OCP:

- Cuando una condición de alarma ocurre, la lámpara indicadora de Alarma del Panel de Control de la estación OCP, comenzará a centellar y se activará la alarma sonora. Esta acción ocurrirá

sin importar la existencia de alarmas reconocidas. Al mismo tiempo se activarán los indicadores de luz blanca distribuidos en el área de la estación.

- Cuando una alarma ha sido reconocida, la lámpara indicadora detendrá el centello y permanecerá encendida y la alarma sonora se silenciará, los indicadores de luz blanca distribuidos en el área de la estación también detendrán su giro y se quedarán con luz fija
- Una alarma solo podrá ser restablecida después que la condición que la ocasionó ha sido eliminada. Cuando todas las condiciones de alarmas hayan sido eliminadas y restablecidas, las lámparas indicadoras tanto en el MMI, en el OCP y las distribuidas en la estación se apagarán.
- Cuando una condición de alarma que ha sido reconocida desaparece, pero aun no ha sido restablecida, la lámpara indicadora de alarma centellará a una menor velocidad.

El PLC de control de la Estación lleva a cabo una función de control; control de proceso de la estación. El Control de Proceso de la Estación utiliza PID con lazo de control los cuales producirán una velocidad de referencia en el PT. Esta velocidad de referencia es la menor señal seleccionada y se conducirá a los controles de unidades vía comunicación serial y a través de cableado directo. La iniciación del Control Manual del PID será anunciada como alarma. La pérdida de comunicación con el MMI deshabilitará el modo de control manual de a todos los PID y pondrá el control de unidad en operación manual.

El control de proceso de la estación controla tres variables de proceso: presión de succión de la estación, flujo de la estación y presión de descarga de la estación. Cada una de estas variables tiene su propio lazo de control de PID. La Menor Señal Seleccionada de las tres salidas de los PID determinará una salida de referencia del proceso para el control de proceso. Los tres controles de proceso operan de la siguiente manera:

- **Control de Presión de Succión de la Estación.** El Control de Presión de Succión de la Estación está configurado como una variable de control de proceso con una banda muerta ajustable. El punto de ajuste de la Presión de Succión se transmitirá al PLC de Control de la Estación desde el SCADA o desde MMI a través de la red de comunicación. Cuando se transfiriere este control entre el SCADA y el MMI, el punto de ajuste es igualado antes de realizar la transferencia. En caso de pérdida de la comunicación con el SCADA, el punto de ajuste será transferido al MMI y éste tomará el control. En caso de pérdida de la comunicación con el MMI cuando éste tiene el control, se deshabilitará el Control por Presión de Succión y el operador controlará la velocidad de la PT desde el OCP. El punto de ajuste del Control por Presión de Succión se mantendrá en el último valor transmitido como válido antes de ocurrir la falla de comunicación y se mantendrá en ese valor hasta que la comunicación se restablezca. El punto de ajuste puede variar entre 10 y 30 Kg/cm². La salida del PID de Presión de succión de la Estación al Control de las Unidades será un porcentaje de la demanda de la válvula de combustible (0-100%).
- **Control de Presión de Descarga de la Estación.** El control de presión de descarga de la estación está configurado como una variable de control de proceso con una banda muerta ajustable. El punto de ajuste de presión de descarga se transmitirá al PLC de Control de la estación desde el SCADA o desde el MMI a través de la red de comunicación. Cuando se transfiriere este control entre el SCADA y el MMI, el punto de ajuste es igualado antes de realizar la transferencia. En caso de pérdida de la comunicación con el SCADA, el punto de ajuste será transferido al MMI y éste tomará el control. En caso de pérdida de la comunicación con el MMI cuando éste tiene el control, se deshabilitará el control por presión de descarga y el operador controlará la velocidad de la PT desde el OCP. El punto de ajuste del control por presión de descarga se mantendrá en el último valor transmitido como válido antes de ocurrir la falla de

comunicación y se mantendrá en ese valor hasta que la comunicación se restablezca. La salida del PID de Presión de Descarga de la estación al control de las unidades será un porcentaje de la demanda de la válvula de combustible (0-100%).

- **Control de Flujo de la Estación.** El control de flujo de la estación está configurado como una variable de control de proceso con una banda muerta ajustable. El punto de ajuste del Flujo se transmitirá al PLC de control de la estación desde el SCADA o desde el MMI a través de la red de comunicación, cuando se transfiera este control entre el SCADA y el MMI, el punto de ajuste es igualado antes de realizar la transferencia. En caso de pérdida de la comunicación con el SCADA, el punto de ajuste será transferido al MMI y éste tomará el control. En caso de pérdida de la comunicación con el MMI cuando éste tiene el control, se deshabilitará el control de flujo y el operador controlará la velocidad de la PT desde el OCP. El punto de ajuste del control por flujo se mantendrá en el último valor transmitido como válido antes de ocurrir la falla de comunicación y se mantendrá en ese valor hasta que la comunicación se restablezca. El punto de ajuste puede variar entre 0 y 10 000 barriles/hora. La salida del PID de flujo de la estación al control de las unidades será un porcentaje de la demanda de la válvula de combustible (0-100%)

Detección de Ruptura de Línea.

Cuando ocurre una condición de Ruptura de Línea ésta información será enviada al PLC de estación por medio de una señal digital del dispositivo de detección de Ruptura de Línea o del sistema SCADA. Una situación de Ruptura de Línea causará un SSDL y el estado de Ruptura de Línea será enviado por medio de Modbus al MMI y al sistema SCADA. Para restablecer condiciones normales después de una detección de Ruptura de Línea, se necesita que la condición de Ruptura de Línea haya desaparecido, las válvulas de succión y descarga de Estación necesitarán abrirse localmente, y activar el restablecimiento de Estación (ya sea en el OCP o el MMI).

Además de monitorear y administrar las alarmas y paros, el PLC de Control de estación está diseñado para fallar a condición segura, en caso de falla del suministro de energía del PLC, en este caso el PLC fallará todos los relés al estado desenergizado. Desenergizar todos los relés causará que todas las válvulas de la estación se coloquen en la condición de falla segura (válvulas de succión y descarga de la estación, cerradas) y ambos PLC de Control de las Unidades iniciarán un USDL. Todos los manejadores de los actuadores y las salidas analógicas fallarán llevando su salida a cero mA.

Paro de Emergencia de Estación (SESD)

El SESD se inicia bajo situaciones en las cuales no es seguro para el personal y/o los equipos continuar operando la estación. El SESD podría ser iniciado únicamente por el sistema contra incendio a través de los PLC's de Unidad 1 y 2. El SESD tiene prioridad sobre todas las funciones. La función de SESD y de SSDL se deshabilitan cuando el Bypass de PLC de estación está activo.

La clasificación de la emergencia es:

1. Fuga de producto en equipos.
2. Ruptura de líneas de proceso.
3. Incendio.

Todas las señales de SESD se enclavan en la lógica del PLC de control de estación. Una vez memorizado el SESD solamente podrá ser borrado usando el comando de Restablecimiento de Estación desde el MMI o el OCP. Un SESD no podrá ser restablecido desde el sistema SCADA.

Todas las señales de SESD son enviadas al MMI vía Red de Comunicación de Datos de la Estación. Una primera señal es además enviada al MMI para permitir al operador determinar la causa del SESD es adicionalmente anunciado en una lámpara indicador en el OCP. La indicación se mantendrá encendida hasta tanto sea eliminada y restablecida la causa del SESD.

Disparo de Estación Asegurado (SSDL)

Un SSDL se inicia cuando se detectan condiciones en las cuales no es seguro continuar operando las unidades de bombeo. Un SSDL iniciará un USDL en ambas turbinas, a menos que el Bypass de PLC de estación esté activo. Un SSDL no iniciará ninguna secuencia de válvulas de estación.

Todas las señales de SSDL se enclavan en la lógica del PLC de Control de Estación. Una vez que una condición de SSDL se memoriza en el PLC de estación, solamente podrá ser restablecido con los comandos de restablecimiento de estación del MMI o del OCP. El SSDL no podrá ser restablecido desde el sistema SCADA.

Todas las señales de SSDL son enviadas al MMI vía Red de Comunicación de datos de la estación. Una primera señal es además enviada al MMI para permitir al operador determinar la causa del SSDL. El SSDL es adicionalmente anunciado en una lámpara indicador en el OCP. La indicación se mantendrá encendida hasta tanto sea eliminada y restablecida la causa del SSDL.

Descripción del Control de Unidad.

El panel de control del operador (OCP) para el PLC de Control de Unidad está localizado en la puerta frontal del Gabinete de Control de Unidad. Consiste en interruptores, botones y lámparas indicadores.

Las unidades de control UCP-01 y UCP-02 principalmente desarrollan las siguientes funciones:

- Adquisición de las señales de la instrumentación instalada en la turbina y en la bomba, durante la aceleración y durante las secuencias de arranque y paro de dichos equipos, además de efectuar automáticamente las secuencias y tiempos requeridos para el control de la máquina.
- Control manual de la velocidad del generador de gases y de la turbina de potencia durante la marcha normal de la máquina.
- Monitoreo del ciclo de temperatura de la turbina.
- Adquisición de la información suministrada por los instrumentos de vibración, para monitorear cada turbo-bomba durante su operación, proporcionando una señal a la unidad de control respectiva para ordenar el paro de la unidad cuando el nivel de vibración sea excesivo.
- Generación de señales audibles y visuales en la consola de operación para la indicación de alarmas y condiciones de paro.
- Paro de emergencia de turbo-bombas.
- Detección de flama de cámaras de combustión de turbinas.
- Cálculo del flujo instantáneo, volumen acumulado de 24 horas y volumen acumulado de un mes calendario del gas combustible consumido por cada turbina.

Las unidades de estación tienen un MicroNet dedicado realizando las funciones de control de combustible y secuencia. La integración del control de la turbina, la bomba y la secuencia de válvulas permiten una completa automatización del arranque, paro, toma de carga e interacción del sistema.

La unidad puede ser operada en automático remotamente por medio de la interfaz con el control de estación o por medio del OCP. La toma de carga automática de la unidad es realizada por medio del punto de ajuste de los parámetros del proceso (flujo de LPG, presión de succión y presión de descarga), lo cual permite que la velocidad de PT cambie par mantener los mencionados parámetros. La toma de carga manual de la unidad es realizada cambiando el punto de ajuste de velocidad de la PT desde el OCP de Unidad. Las funciones de arranque y paro son las mismas para control automático o manual.

Las válvulas de la unidad pueden ser manipuladas en los modos de control LOCAL o REMOTO. Control local de las válvulas aceptará únicamente comandados desde el actuador. El control remoto de las válvulas aceptará comandos desde el OCP de Unidad o del MMI, dependiendo del Modo de Operación seleccionado en el OCP. El modo de operación MMI Remoto permite al operador abrir y cerrar las válvulas de succión, descarga y al quemador desde el MMI según sea necesario para la operación de la unidad.

El control de combustible es realizado por medio de ocho (8) controladores PID y dos (2) limitadores de combustible. El combustible será controlado por medio de la señal de demanda más baja entre el PID de velocidad del generador de gas (GG), el PID de velocidad de la turbina de potencia (PT), PID de Temperatura de salida de PT (PTT), PID de Temperatura de Operación de la Turbina (TOT), PID de Aceleración de GG, PID de presión de succión, PID de presión de descarga, el limitador de toma de carga y el limitador de rampa de arranque. Después de la detección de flama un PID de desaceleración de GG mantendrá suficiente flujo de combustible para mantener la flama en los combustores durante reducciones de carga.

La detección de flama piloto es realizada mediante el sistema de detectores ultravioletas de flama.

La turbina de potencia (PT) impulsa una bomba centrífuga LPG de una etapa. El control de la unidad monitorea vibración, presiones y temperaturas de la bomba para mantener condiciones seguras de operación.

Secuencia de Prueba de Giro (TEST CRANK SEQUENCE)

Una secuencia de prueba de giro solo puede ser iniciada presionando el botón de prueba de giro en la turbina, únicamente si los permisos de prueba de giro están cumplidos. Si el botón de prueba de giro es oprimido una segunda vez después que una señal válida de prueba de giro ha sido enviada al MicroNet. La prueba es abortada. Una vez presente, la señal de prueba de giro es mantenida (memorizada en el MicroNet, el indicador Listo par Arrancar del OCP comienza a encender intermitentemente y la siguiente secuencia de eventos es iniciada:

1. Se arranca la bomba Auxiliar CA de Aceite de Lubricación
2. Se monitorea la presión de aceite de lubricación para asegurar una presión >3.16 kg/cm² durante 16 segundos. Si la presión no alcanza los 3.16 kg/cm², se aborta la prueba
3. Se activa el USDL de baja presión de aceite de lubricación, y se desactiva todos los USDL's de turbina y bomba por vibración.
4. Encender el motor de arranque (Sol-2)
5. Se inicia el timer de monitoreo ("watchdog") de 1200 RPM. Si la velocidad de GG no está por encima de 1200 RPM en 20 segundos, la prueba se aborta.
6. Se inicia el timer de monitoreo de máximo tiempo de arrancador (600 segundos). Si el timer expira o si el botón de prueba de giro es oprimido por una segunda ocasión, el motor de arranque es apagado (sol-2).
7. Si la secuencia es abortada o el timer de máximo tiempo de arrancador expira, el motor de arranque es apagado (sol-2), la bomba de aceite de lubricación se apaga y el timer de abatimiento de velocidad comienza.

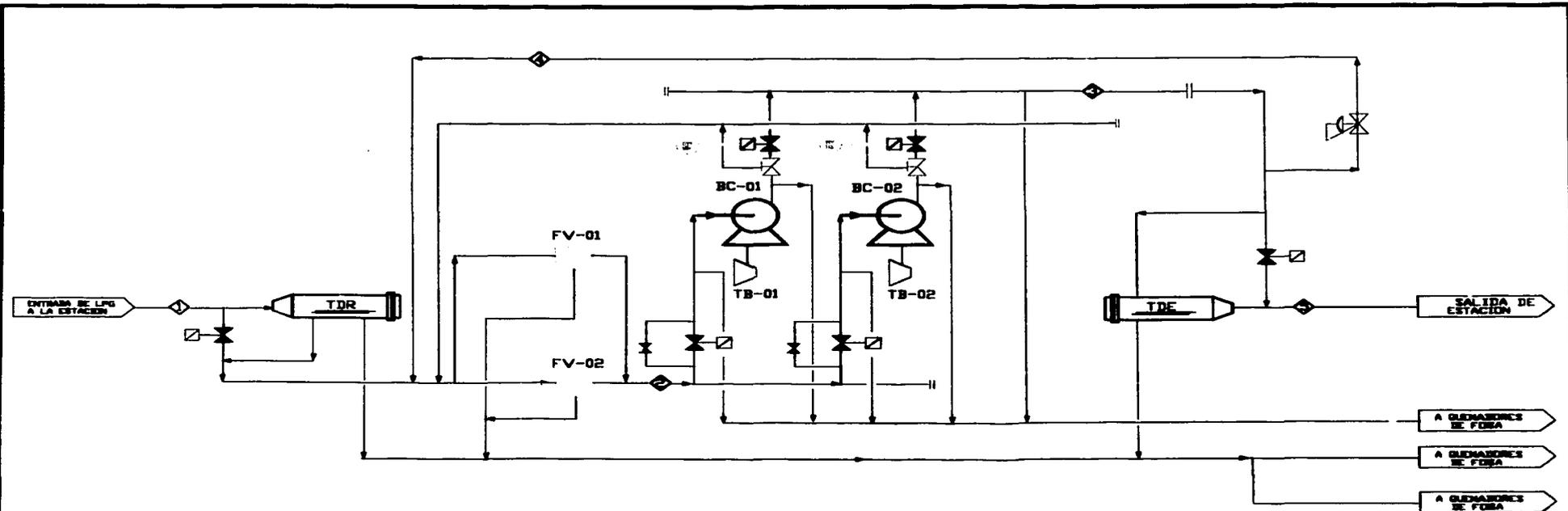
Secuencia de paro normal

Un paro controlado (Normal) puede ser iniciado en cualquier momento después que la unidad haya llegado a la velocidad mínima de PT (3975 RPM). Un paro normal puede ser abortado en cualquier momento seleccionando Arranque de Unidad antes de que el combustible sea cortado. El abortar un arranque manualmente antes de llegar a la velocidad de vacío (ralenti) requiere que el operador inicie un Paro Asegurado de Unidad (USDL) o un paro de estación, por medio de los botones adecuados.

Un paro normal se puede iniciar únicamente si la secuencia de arranque se ha completado y si la velocidad de PT está por arriba del mínimo (3975 RPM). Un paro normal puede ser iniciado por medio del MMI en modo Turbina MMI, o por medio de OCP en modo Turbina OCP. Una orden válida de paro Normal es mantenida (memorizada) en el control de unidad. En modo Turbina MMI, la lámpara de indicación de paro se encenderá intermitentemente y la velocidad de PT es llevada automáticamente a 3975 RPM (50%). En modo turbina OCP, la lámpara de indicación de paro normal se encenderá intermitentemente pero la secuencia espera a que el operador reduzca la velocidad de PT a 3975 RPM. La finalizar el ciclo de enfriamiento, la velocidad de PT es llevada automáticamente a 3577 RPM (45%), punto en el cual se apaga el contador de horas, el USDL por pérdida de flama es inhibido, el USDL por baja presión de aceite de lubricación es inhibido, y la válvula principal de combustible se cierra (Sol-5)

Si la bomba auxiliar de aceite de lubricación no está encendida se enciende.

Cuando el contador de atenuación de velocidad ("costdown timer") se cumple, la temperatura de operación es monitoreada hasta que baje de 130°C, entonces la bomba Auxiliar AC de Aceite de Lubricación se apaga, el ventilador de enfriamiento de aceite de lubricación se apaga.



TUBERIAS ACCESORIAS
DE 2" - 3/4"
NOM/ABEOLD - RUSTON/TB-2000

FILTRO PARA GAS L.P.
TDR, CINETA
CAPACIDAD 100 A 200 NPPS
MOLLA 5/16"

LAVADOR DE BOMBAS
SOPRADORES 20" x 24" 6000

RECIPIENTES DE BOMBAS
SOPRADORES 20" x 24" 6000

BOMBAS EXISTENTES PARA
SERVICIO DE L.P.G.
SERVICIO DE 100 NPPS
SERVICIO DE 200 NPPS
SERVICIO DE 300 NPPS
SERVICIO DE 400 NPPS
SERVICIO DE 500 NPPS
SERVICIO DE 600 NPPS
SERVICIO DE 700 NPPS
SERVICIO DE 800 NPPS
SERVICIO DE 900 NPPS
SERVICIO DE 1000 NPPS

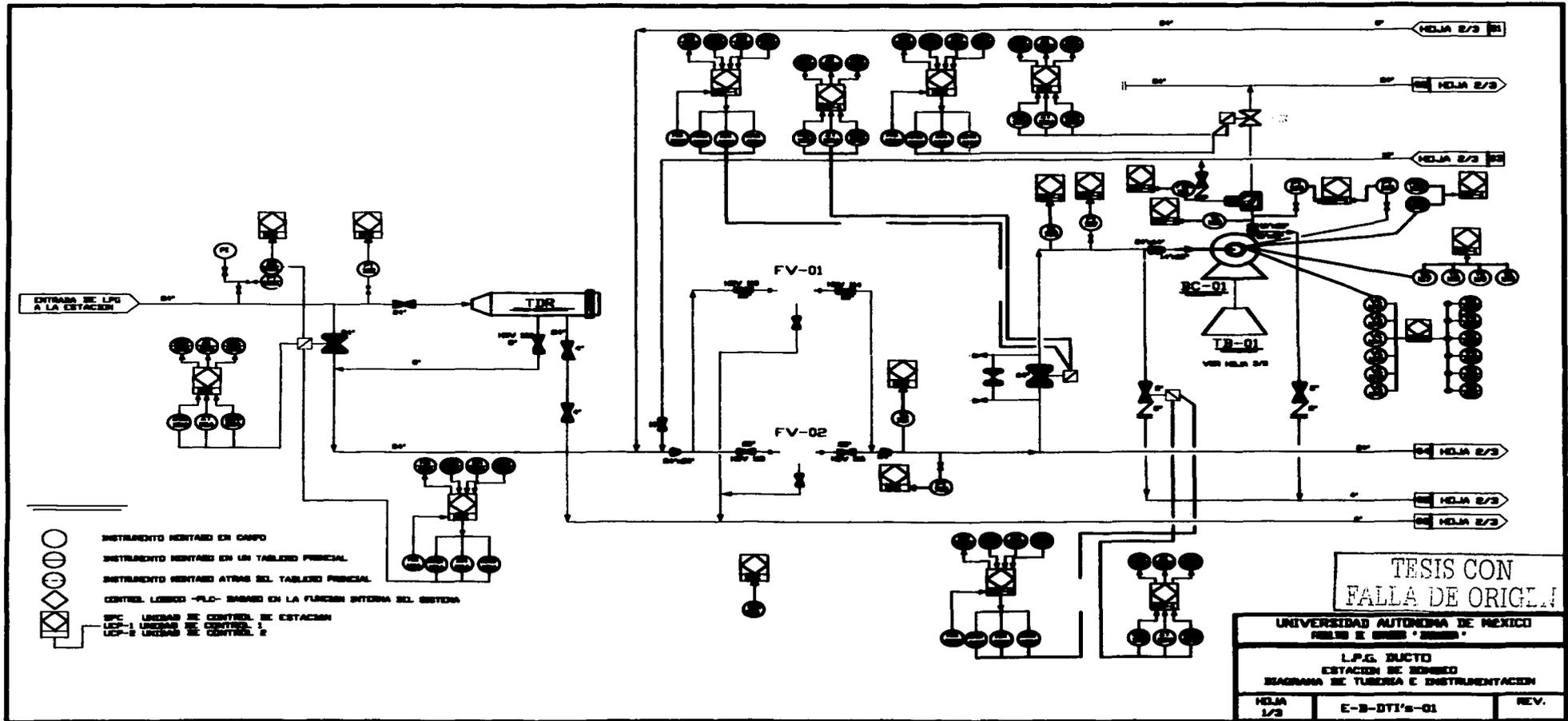
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1- LAS CONDICIONES DE OPERACION DE LA ESTACION FUERON VERIFICADAS INMEDIATAMENTE DE LA COMBUSTION DE OPERACION DE LA ESTACION.

CONDICIONES DE OPERACION DE BOMBAS EXISTENTES			
ESTACION	FLUIDO NPPS	PS Kg/cm ²	PS Kg/cm ²
C. B. No. 1	200	37.85	10
C. B. No. 2	200	40.50	10
C. B. No. 3	200	48.74	10
C. B. No. 4	200	58.67	10
C. B. No. 5	200	68.60	10



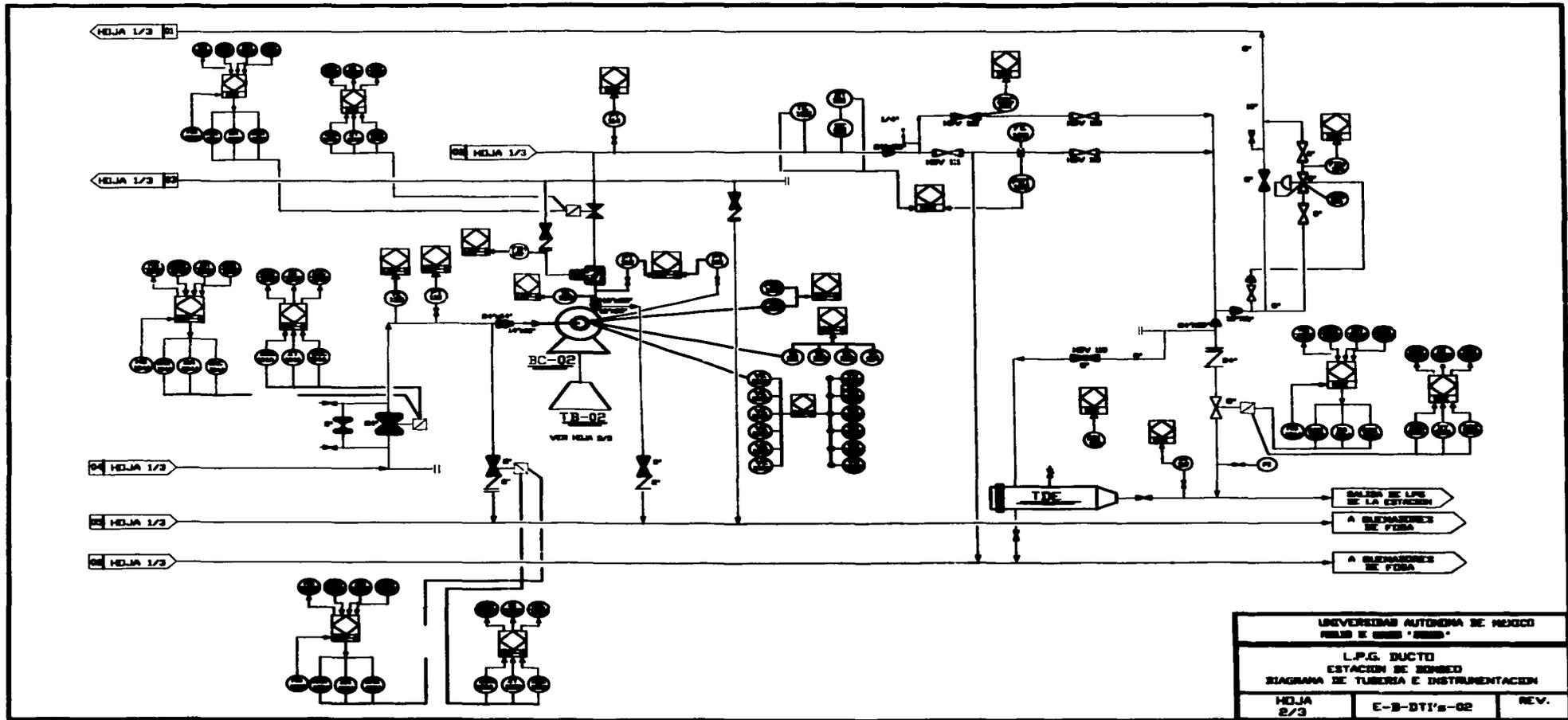
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA		
L.P.G. DUCTO ESTACION DE BOMBEO DIAGRAMA DE FLUIDO DEL PROCESO		
NOVA L/1	E-B-DFF-1	REV.



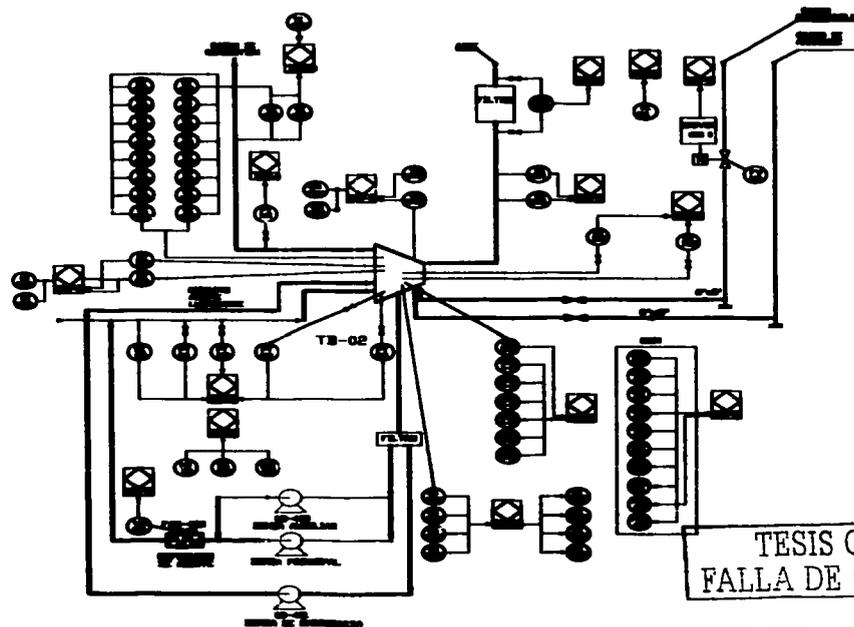
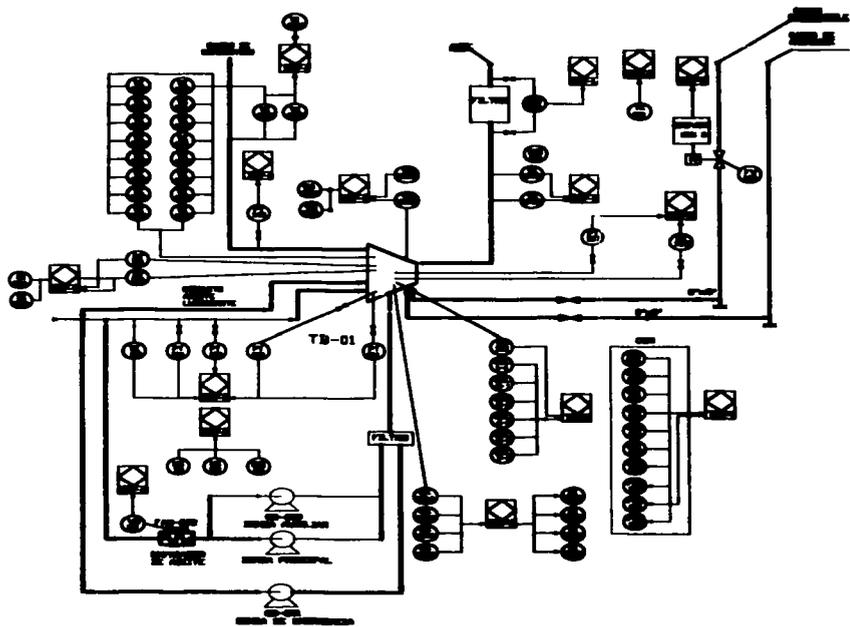
○ INSTRUMENTO MONTADO EN CASCO
 ○ INSTRUMENTO MONTADO EN UN TABLERO PRINCIPAL
 ○ INSTRUMENTO MONTADO ATRÁS DEL TABLERO PRINCIPAL
 □ CONTROL LÓGICO -PLC- MONTADO EN LA PLACA INTERNA DEL SISTEMA
 EPC: UNIDAD DE CONTROL DE ESTACION
 LCP-1: UNIDAD DE CONTROL 1
 LCP-2: UNIDAD DE CONTROL 2

**TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO		
FOLIO 2 DE 3		
L.P.G. DUCTO		
ESTACION DE BOMBEO		
DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION		
HOJA	E-3-DTI's-01	REV.
L/3		



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO FACULTAD DE INGENIERÍA		
L.P.G. DUCTO ESTACION DE BOMBEO DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION		
HOJA 2/3	E-B-DT1's-02	REV.



TESIS CON
FALLA DE OPCION

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA		
L.P.G. DUCTO ESTACION DE BOMBEO DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO		
MSJA 3/2	E-S-DTI's-03	REV.

V SCADA

El SCADA es un sistema computarizado de monitoreo y control remoto que permite manejar simultáneamente instalaciones dispersas. Este sistema colecciona y procesa en tiempo real información sobre flujo, presión, temperaturas y otros en las distintas instalaciones. Asimismo, permite operar a control remoto estaciones de medición, de bombeo, de compresión y válvulas de seccionamiento, además de controlar el empaque del sistema de ductos.

La implementación del SCADA implica un cambio radical en la filosofía de operación de ductos, por lo tanto, es necesario contar con un estudio para identificar riesgos en las áreas, equipos y puntos críticos de la red de ductos y sus instalaciones, cuyas probabilidades de falla se incrementan durante su operación bajo el esquema del sistema SCADA por lo que es conveniente el desarrollar metodologías que nos permitan la posibilidad de detectar errores y fallas humanas o de componentes del sistema que pudieran causar o contribuir a acontecimientos peligrosos los cuales deben ser reducidos significativamente.

En 1998, se realizó la instalación de un Sistema de Control, Supervisión y Adquisición de los Datos (SCADA). El objetivo del sistema SCADA es optimizar la operación de los ductos y proporcionar incremento de vigilancia de operación de los ductos de tal manera que se puedan tomar acciones rápidamente a los cambios en la operación de los ductos cuando sea necesario.

La función del sistema SCADA es el automatizar, componentes importantes o medios para proveer información en tiempo real para importantes operaciones y decisiones de comercialización. El sistema SCADA se diseñó para optimizar e incrementar la seguridad de los sistemas de ductos de Gas Natural y LPG, reforzando el costo-efectividad dentro un nuevo ambiente comercial .

El SCADA centraliza 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.



Figura 7. Centro de Control Principal

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, se podrá incrementar la eficiencia y seguridad en el transporte y distribución de hidrocarburos, y deberá permitir una dinámica y certera toma de decisiones en los niveles jerárquicos correspondientes, al tener el conocimiento de cualquier situación normal, anormal ó de emergencia en el momento oportuno.

Del sistema de Ductos en la República Mexicana el SCADA controla y monitorea:

- 99 % de las inyecciones de gas natural.
- 97 % de las extracciones de gas natural.
- 100 % de las inyecciones y extracciones de gas licuado
- 170 estaciones de medición
- 3 estaciones de compresión.
- 5 estaciones de bombeo.
- 9,043 kilómetros de ductos de gas natural.
- 1,778 kilómetros de ductos de gas licuado.

Componentes del Sistema SCADA

El Sistema SCADA está constituido por los siguientes componentes:

- 1.- Instrumentación de Campo.
- 2.- Estaciones Remotas
- 3.- Redes de Comunicación
- 4.- Estación de Monitoreo Central

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

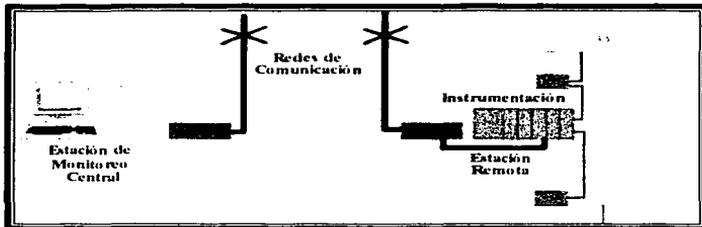


Figura 8. Componentes del Sistema SCADA.

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) leibles 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 estandar 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.

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 VACIO.

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.

La automatización del sistema de LPG contempla la modernización de las instalaciones que permiten obtener información confiable y en tiempo real para efectuar la medición y control remota del sistema estas incluyen:

- Actuadores (operados para abrir/cerrar válvulas).
- Transmisores inteligentes (de flujo, presión y temperatura)
- Controladores programables de estación (SPC, computadores de flujo)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Estación Remota. 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. 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.

La Estación Remota está instalada en la estación o equipo remoto que está siendo monitoreado y controlado por medio de la computadora organizadora central. Esta puede ser una unidad RTU o un PLC.

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

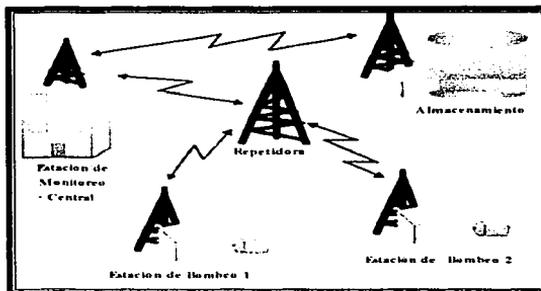


Figura 9. Manejo Simultáneo De Instalaciones Dispersas

Se utiliza la red de microondas digital existente, con la cual se comunican actualmente un alto porcentaje de sus subsidiarias. A partir de esta infraestructura, se suministran los servicios de comunicación entre las estaciones ubicadas a lo largo de la República Mexicana, los Centros de Control Principal, de Contingencias, y los de Información Remota.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Estación de Monitoreo Central. La 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 Maquina (MMI) para monitorear varios tipos de datos necesarios para la operación.

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. El 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.

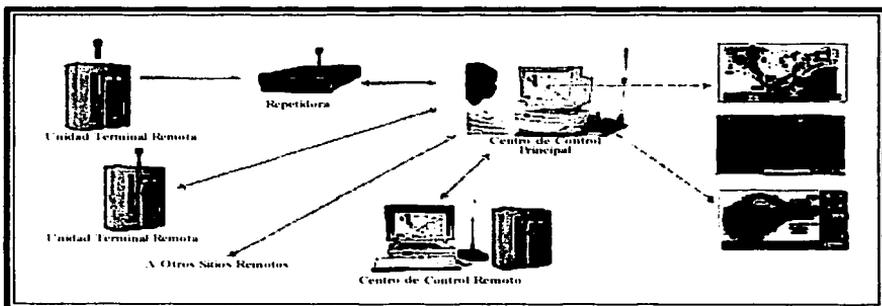
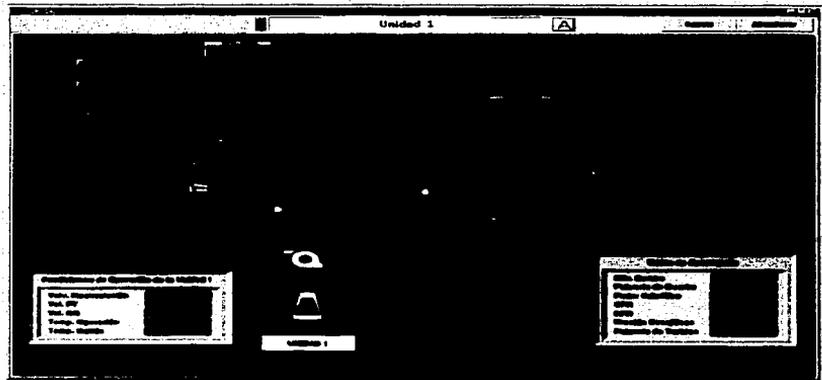


Figura 10. Monitoreo y Control Remoto.

Un Programa de MMI será corrido en el computador CMS. Un diagrama mímico (figuras 11) 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 (por ejemplo 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.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

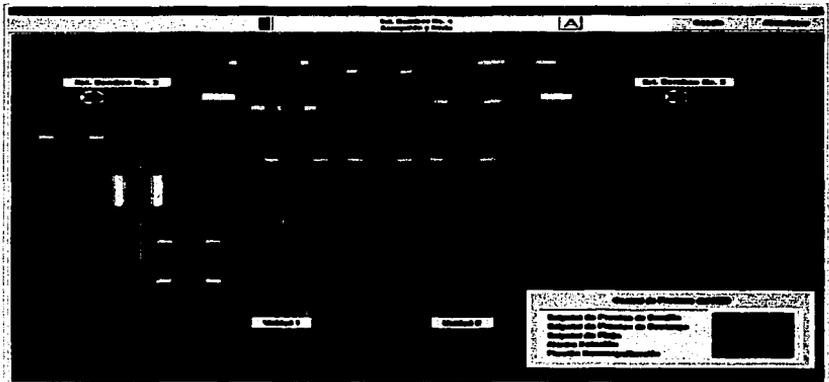


Figura 11. Ejemplos de Diagramas Mímicos.

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, valor del punto de disparo, tiempo, fecha y otras pertinente información. Todas las alarmas serán salvadas en un archivo separado para ser revisado mas tarde.

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

El acceso a el 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, un Centro de Control de Contingencias y 17 Centros de Información Remotos en 3 coordinaciones regionales, 13 sectores y 1 residencia.

En el siguiente diagrama se muestran los componentes que se encuentran monitoreados y/o controlados por el Sistema SCADA (figura 12).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

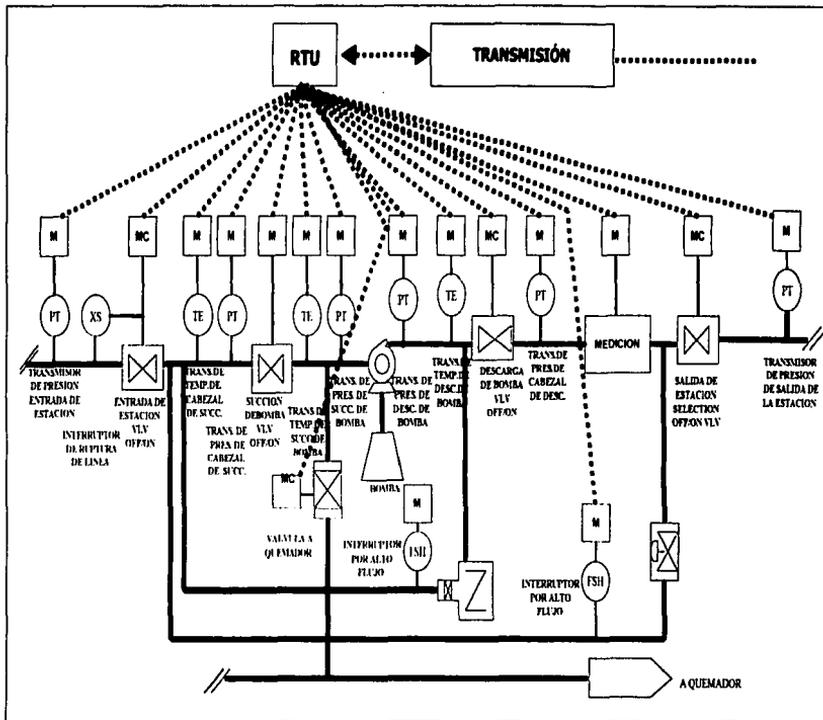


Figura 12. Esquemático de Control (C) y Monitoreo (M) con el Sistema SCADA en la Estación de Bombeo.

VI

LOS FMEA's DENTRO DE LAS METODOLOGÍAS DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE RIESGOS.

Análisis de Riesgos de Proceso

Los Análisis de Riesgos de Proceso 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 estimar áreas con efectos potenciales en el individuo, población, propiedades o al medio ambiente. Para ello es recomendable que se consideren los niveles de protección como independientes para que se tenga una reducción de riesgo, figura 13.

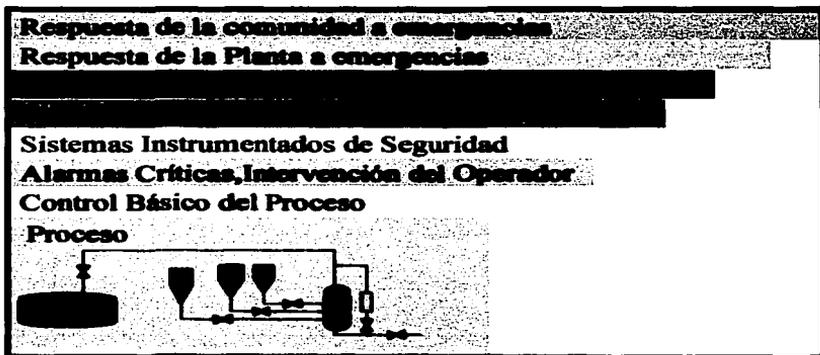


Figura 13. Niveles de Protección.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los Análisis del Riesgo de la Seguridad tienden a ser mucho más probabilísticos, incorporando la posibilidad de acontecimientos de inicio, así como la posibilidad de exposiciones y la magnitud de las consecuencias.

Los métodos principales para determinar la probabilidad y frecuencia incluyen el enfoque de datos históricos, análisis de árbol de fallas, análisis de árbol de eventos, análisis de causa-consecuencia, modos de falla y análisis de efecto, análisis preliminar de peligros (PHA), y un enfoque de clasificación/cualitativo.

En general un PHA representa un primer intento de identificar las causas que tienen como consecuencia accidentes cuando la planta aún se encuentra en una fase preliminar de diseño (figura 14). Análisis de eventos detallados son hechos comúnmente como parte de análisis FMEA después de que la planta está completamente definida*.

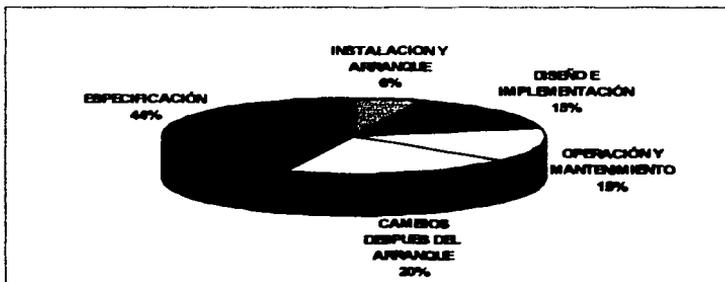


Figura 14. Causas de accidentes donde se ven involucrados los sistemas de control, determinado por la Administración de Salud y Medio Ambiente (HSE).

Si bien cada técnica varía en términos de datos específicos que necesitan recopilarse y en términos del tipo de análisis que proporciona, todos trabajan partiendo de una base general de información similar, incluyendo puntos como:

- Como funciona la planta o el sistema
- Planos y procedimientos del proceso detallados
- Modos de fallas del equipo y sus efectos resultantes
- Factores que contribuyen al error humano

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En conjunto el objetivo del análisis es determinar el nivel de detalles necesario. El problema tal vez pueda ser tratado mejor a través del análisis WHAT-IF (Qué pasaría si / Lista de Control), o a través del Análisis de un Árbol de Fallas (FTA). Como los Estudios de Riesgo y Operabilidad (HAZOP), los FMEA generalmente caen entre un análisis WHAT-IF y un FTA en lo que a esfuerzo se refiere, pero requiere mucho menos recursos que un HAZOP, los cuales examinan tanto el espacio de éxito de operación como su espacio de falla. Un HAZOP debe examinar muchos casos triviales, falsas alarmas y agregar los casos exitosos a aquellos en que

se producen resultados no deseados. Los métodos de "falla de espacio" como el FTA concentran su esfuerzo no solamente sobre resultados no deseados sino en el intento de profundizar el por qué algo pueda ocurrir".

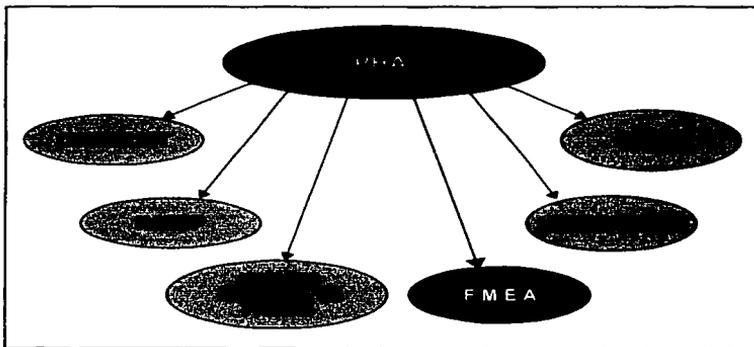


Figura 15. Metodologías de Evaluación.

1. **Qué pasaría si / Lista de Control.** Este método debe ser el primero en aplicarse a un proceso. La evaluación Qué pasaría si / Lista de Control de un proceso debe preceder al uso de los demás métodos. Para los procesos relativamente simples, puede llevarse a cabo una revisión de principio a fin mediante el planteamiento de preguntas de tipo "Que pasaría si" en cada paso de manejo o de procesamiento que utilice procedimientos operativos, diagramas de tuberías e instrumentos y una minuciosa Lista de Control. Entonces se contestan las preguntas para evaluar los efectos de fallas en los componentes o de errores de procedimientos sobre el proceso y el equipo llega a un consenso en cuanto a las respuestas y la recomendación.
2. **Análisis de Modo, Fallas y Efectos (AMFE o FMEA).** Cuando se va a someter a estudio una parte de un proceso o una pieza específica del equipo, el AMFE puede utilizarse como una ayuda para evaluar las consecuencias (los efectos) de fallas humanas o de los componentes.
3. **Estudio de Operabilidad y Riesgos (HAZOP).** Este método examina sistemáticamente cada parte de un proceso, utilizando palabras guía para descubrir la forma en que podrían ocurrir desviaciones respecto de las condiciones proyectadas en el diseño y el proceso, así como la forma en que dichas desviaciones podrían dar lugar a riesgos.

4. **Análisis de Árbol de Fallas.** Se emplea para determinar las combinaciones de fallas humanas o de los componentes así como las secuencias de acontecimientos que pudieran dar lugar a un evento o una consecuencia específica indeseable. Por lo general, la probabilidad numérica de que ocurra un evento indeseable se calcula con base en las probabilidades de fallas humanas o de los componentes.

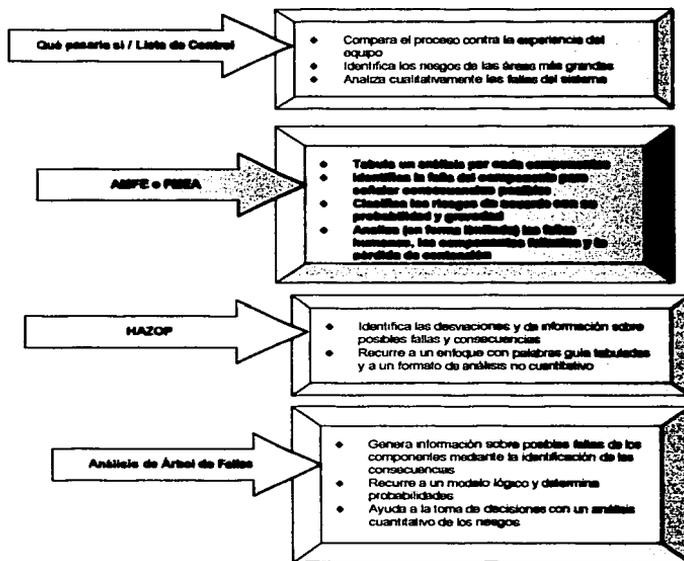


Figura 16. Guía de referencia de los métodos

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Todas las técnicas de evaluación de riesgos comparten la meta de identificar peligros en el proceso de manera sistemática y proporcionar un análisis preliminar, por lo general cuantitativo, de su significado relativo en términos de posibilidad y consecuencias. Las fases subsiguientes hacen énfasis en proporcionar medidas cuantificadas de la posibilidad y prioridad de las consecuencias de los peligros (riesgos). Las técnicas listadas aquí están entre las de uso más amplio; todas tienen valor para cumplir los requerimientos de análisis de

peligro del proceso de la regla OSHA PSM, la regla RMPP de la EPA y el programa de Cuidado Responsable de la CMA y otros marcos importantes de la administración de la seguridad del proceso.

En cierto modo, un análisis HAZOP's es una extensión del análisis FMEA, la extensión en el sentido de incluir parámetros de desviación en los procesos en adición de los modos de falla de los equipos. Cualquier riesgo potencial o problemas de operatividad son explorados como consecuencia de esas desviaciones. Esto también puede ser usado para identificación de causas de eventualidades.

Al empezar un estudio de confiabilidad de un sistema, es importante definir los modos de fallas relevantes de una manera clara y concisa. Una técnica fundamental para identificar y clasificar modos de falla es el análisis de efecto y modo de falla (FMEA)*.

Esta técnica se usa para realizar análisis aislados y aleatorios de fallas requeridos por el estándar de IEE Std. 279-1971, 10 CFR 50, apéndice K, y la guía reguladora 1.70, revisión 2. FMEA es mucho más detallado que un árbol de fallas ya que considera cada modo de falla en cada componente.

Estimación de Probabilidad y Frecuencia

Una vez conocido el daño generado por los accidentes, debe determinarse la probabilidad de ocurrencia de los mismos, lo cual nos da información de la frecuencia con la que se pueden presentar en las instalaciones.

Para evaluar la probabilidad de ocurrencia, se recurre a métodos como el de árboles de fallas y de sucesos, los cuales deben alimentarse con valores de confiabilidad de componentes, que se extraen normalmente de bancos de datos de confiabilidad internacionales como WASH 1400, BANDAFF, OREDA Y COMPI, ante la falta generalizada de información representativa para los equipos e instalaciones fruto de estudio.

En una estimación de probabilidad, como en otros aspectos del análisis de riesgo, es importante elegir una metodología que iguale las necesidades del estudio. El hacer la elección correcta es importante por varios motivos. En primer término, está la cuestión de igualar tiempo y recursos a la necesidad.

Un estudio para determinar la probabilidad relativa de un acontecimiento indeseable requiere mucho menos tiempo que un estudio que proporcione resultados cuantitativos *absolutos*. Por ejemplo, en el análisis de riesgos del tipo que es el enfoque de este análisis, un enfoque cuantitativo detallado por lo general es el adecuado. Para estudios de clasificación y comparativos de equipo utilizados en el paso de evaluación inicial de peligro descrito antes en este capítulo, será apropiado un enfoque cualitativo, que proporcione estimados de probabilidad relativa o un enfoque semicuantitativo, que presente tasas de falla.

Un segundo punto se centra en datos disponibles para el estudio. Por ejemplo, los datos históricos o el método epidemiológico, estudiado más adelante, dependen de fuentes de datos completos que sean adecuados para la instalación y el equipo bajo estudio. Si los datos disponibles no cumplen ciertos criterios del estudio, éste necesitará sustituir un enfoque diferente, como el análisis de árbol de fallas o el análisis de árbol de eventos. Las fuentes de datos importantes a considerar en cualesquier de estos enfoques incluyen las mostradas en la tabla 2.

Tabla 2. Fuentes recomendadas de datos para la estimación de probabilidad y frecuencia.

Fuente	Organización o Editor	Contenido
Guidelines for Process Equipment Reliability Data with Data Tables	CCPS/AIChE, 1989.	Proporciona datos sobre sistemas y equipo del proceso.
Non-Electric Parts Reliability (NPRD-91)	Centro de confiabilidad de Análisis, 1991.	Contiene información sobre índices de fallo para válvulas, instrumentos, Bombas, hardware, etc.
Failure mode/mechanism distributions (FMD-91)	Centro de confiabilidad de análisis, 1991.	Contiene información sobre la distribución de modos de falla para válvulas, instrumentos, bombas, hardware, etc.
OREDA offshore reliability data handbook, 2d ed	Publicado por participantes en la OREDA, Noruega, 1992.	Información detallada sobre equipo encontrado en plataformas marinas.
S.H. Bush, "Statistics of pressure vessel and piping failures"	Journal of Pressure Vessel Technology, August 1988	
D.J. Smith, Reliability and Maintainability in Perspective	Mcmillan, 1985	
A. D. Swain and H. E. Guttman, Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications	NUREG/CR-1278, Comisión Reglamentaria Nuclear de EE. UU., octubre de 1980.	
Methodologies for Hazard Analysis and Risk Assessment in the Petroleum Refining and Storage Industry	Preparado por el grupo específico de evaluación de riesgos de Concave, diciembre de 1982.	Proporciona índices de fallas de diversos errores humanos
D. W. Johnson y J. R. Welker, development of an improved LNG plant failure rate data base, GRI-800093	Informe final, instituto de investigación del gas, septiembre de 1981.	Contiene información sobre instrumentación y pieza importante de equipo
F. P. Lees, Loss Prevention in the Process Industries	Butterworth, Londres, 1980.	Proporciona datos sobre instrumentación y dispositivos de control tales como válvulas
"Report on Reliability survey of Industrial plants" part I "Reliability of Electrical Equipment", and part III "Causes and types of failures of electrical equipment, the methods of repair, and the urgency of repair".	IEEE Transactions on Industry Applications, vol IA-10, no. 2, marzo-abril 1974, pp. 213-235 y pp. 242-252	Proporciona información sobre interruptores de circuito, transformadores, cables y otro equipo eléctrico
Component Failure and Repair Data for Coal-Fired Power Units	Preparado por Fluor Power Services, Inc EPRJ AP-2071, RP239-2, Topical Report Octubre de 1981, Instituto de Investigación de Energía Eléctrica	Contiene información útil sobre agitadores, ventiladores y otras piezas de equipo grandes
Reactor safety study, appendix III failure data WASH-1400 (NUREG-75/014)	Comisión reglamentaria nuclear de Estados Unidos, octubre de 1975.	Proporciona información sobre errores humanos así como fallas de equipo y es un de las fuentes más extensas de estimados de fallas por demanda

**TESIS CON
FALLA DE EQUIPO EN**

ANÁLISIS DE MODO, FALLA Y EFECTO (AMFE o FMEA)

El análisis FMEA es un método inductivo y cualitativo que es sencillo y muy simple, además de que es fácil de aplicar. Típicamente se documenta en forma tabular en donde el encabezado de las columnas muestra el desempeño progresivo⁶.

Un FMEA es una herramienta de análisis de falla diseñada para identificar fallas potenciales de equipos y sus impactos respectivos en el funcionamiento del sistema.

Algunas veces se agrega alguna columna para reflejar la importancia del modo de falla identificado y su inmediata consecuencia en el sistema. Esto puede ser un estimado cualitativo del nivel crítico o una expresión numérica de probabilidad de ocurrencia. Esto habilita al analista para ordenar los resultados y obtener un porcentaje de fallas de los componentes, ya sea por nivel crítico, ó por probabilidad de ocurrencia.

Algunos autores definen al FMEA de la siguiente manera:

Un análisis de modo falla y efecto es un análisis principalmente (poderosamente) cualitativo y éste debe ser realizado cuando se tiene el diseño del sistema. El propósito es para identificar las áreas diseñadas donde mejoraría y son necesitadas para una confiabilidad de los requerimientos. Una actualización del FMEA es una base importante de la inspección y consideraras para el diseño ⁷. (Hoyland y Rausand)

Es un análisis inductivo de detalles sistemáticos, que buscando componente por componente, encuentra todas las posibles fallas e identifica sus efectos resultantes en el sistema. Los modos de falla de cada componente del sistema son identificados y analizados para determinar sus efectos en los componentes vecinos y en el sistema ⁸. (Kumamoto y Henley)

Un análisis de modo, falla y efectos ⁹ (FMEA, Failure Mode and Effects Analysis), es una examinación individual de componentes realizada para valorar el efecto de las fallas del componente en el subsistema al que pertenece y como éstas afectan al sistema, poniendo especial énfasis en fallas de hardware.

El análisis FMEA es un método inductivo y cualitativo que es sencillo y muy simple, además de que es fácil de aplicar. Típicamente se documenta en forma tabular en donde el encabezado de las columnas muestra el desempeño progresivo. (O' Mara)

En FMEA es sencillo de conducir, no requiere de algún conocimiento analítico avanzado del personal que realizará el análisis.

Las preguntas básicas que deben ser contestadas por un análisis FMEA responden al estándar de la IEEE Std. 352:

1. ¿Cómo podemos imaginar que cada parte fallará?
2. ¿Qué mecanismos pueden producir estos modos de falla?
3. ¿Cuáles serán los efectos de la falla si ocurre?
4. ¿Es aceptable la falla?
5. ¿Cómo detectar la falla?
6. ¿Qué provisiones inherentes son especificadas dentro del diseño para compensar la falla?

El análisis deberá ser conducido de acuerdo al esquema siguiente:

1. Definición y delimitación del sistema (que componentes se encuentran dentro de los límites del sistema y cuales están fuera).
2. Definición de las funciones principales (misiones) del sistema.
3. Descripción de los modos operacionales del sistema.
4. Descomposición del sistema en subsistemas que puedan ser manejados efectivamente.
5. Revisión de los diagramas de funcionalidad y esquemas para determinar la interrelación entre los demás subsistemas. Estas interrelaciones pueden ser ilustradas dibujando diagramas de bloque de la funcionalidad donde cada bloque corresponde a un subsistema.
6. Preparación de una lista completa de componentes de cada subsistema.
7. Descripción del estrés operacional del medioambiente que pueda afectar al sistema y su operación. Estos se revisan para determinar los efectos adversos que puedan generar en el sistema y sus componentes.

Objetivos de un Análisis FMEA

De acuerdo con el estándar IEE Std. 352, los objetivos de un análisis FMEA son los siguientes ":

1. Asistir en alternativas de diseño selectivo con un alto grado de confiabilidad y seguridad potencial durante las primeras fases de diseño.
2. Asegurar que los modos de fallas concebibles y sus efectos en los logros operacionales del sistema han sido considerados.
3. Listar fallas potenciales, e identificar la magnitud de sus efectos.
4. Desarrollar un criterio inicial para la planeación de pruebas, así como el diseño de las pruebas y la inspección del sistema .
5. Proveer una base para cuantificar la confiabilidad y análisis de disponibilidad.
6. Proveer documentación histórica para futuras referencias en la ayuda en los análisis de campo de fallas y consideraciones de cambios en el diseño.
7. Proveer datos de entrada para estudios de intercambio
8. Proveer bases para establecer prioridades en acciones correctivas
9. Asistir en la evaluación de objetivos de requerimientos de diseño relacionados con redundancia, sistemas de detección de fallas, características, y anulaciones manuales y automáticas.

Ventajas y Desventajas *

Las ventajas de un análisis FMEA son las siguientes:

- Facilidad de construcción al nivel del componente
- Facilidad de interpretación para el usuario inexperto
- Menor tiempo que el que se lleva una metodología de estudio detallado
- Rápidamente revela fallas sencillas y fatales cuando se realiza correctamente

Las desventajas de un análisis FMEA son las siguientes:

- Direcciona solamente un componente y puede no revelar importantes interacciones entre los componentes y entre otros subsistemas o sistemas

- No desarrolla detalles suficientes para proveer una base uniforme de cuantificación o efectos en el sistema

Para buenos resultados, requiere un alto grado de experiencia por parte del equipo de estudio

Documentos y Diagramas de Referencia

La metodología de análisis de riesgos como cualquier método de análisis y tras el conocimiento exhaustivo de las instalaciones y actividades llevadas a cabo (por inspección de instalaciones y estudio de diagramas de flujo de procesos, diagrama de tuberías e instrumentación (DTI's) y planos de localización general (PLG's), se debe iniciar por identificar que accidentes podrían ocurrir en instalaciones, para lo cual existen diversos métodos de apoyo como Análisis Histórico, ¿qué pasa si? (What if ...?), análisis de Modo, falla y efecto (Failure Mode Effect Analysis, FMEA) y estudio de riesgo en la operación (Hazard Operability, HAZOP), Análisis de Árbol de Fallas o una metodología equivalente que identifique los posibles riesgos y que desarrollen una evaluación del potencial de consecuencias.

Los documentos maestros a los cuales otros documentos harán referencia son los diagramas de señales e instrumentación (P & I), el diagrama eléctrico en línea (EOL, electrical on-line), y, si está disponible, una descripción del sistema. También son de utilidad manuales de capacitación, manuales de ventas en donde aplique, y los procedimientos de operación del sistema. Las fallas mecánicas no son las principales, ni las únicas fallas a considerar, pero estas nos permiten tener una visión más amplia sobre las incursiones en otros componentes del sistema así como otros modos de fallas.

El siguiente grupo de documentos que debe ser obtenido es la lógica de los instrumentos ó diagramas de escalera, diagramas eléctricos o de cableado, y diagramas de ciclos de los instrumentos. Muchos modos de fallas significativos de un sistema normalmente están asociados con aspectos eléctricos y de control del sistema. Dependiendo de que tan exhaustivo se requiera la examinación, los dos últimos sets de documentos pueden ser opcionales, pero no hay que perder de vista que estos, regularmente, son los únicos que proveen información acerca de los lazos internos y la dependencia entre los componentes de control del sistema, que de otra manera pasarían inadvertidos, ya que no están registrados en documentos de más bajo nivel. Es importante recalcar que la descripción del sistema y los manuales de capacitación enfatizan como debe de trabajar el sistema, no como podría trabajar a pesar del propósito del diseñador.

La documentación antes mencionada mostrará el efecto completo de la pérdida de un componente por un modo de falla determinado sobre el subsistema ó sistema. Estos efectos pueden ser determinados solo cuando se ha comprendido la relación lógica entre los sistemas "de distribución" tales como: enfriamiento de agua, aire acondicionado, o corriente eléctrica; y sus controles. Donde los árboles de fallas hacen esto explícito, el análisis FMEA debe tratar estas interacciones implícitamente

Modo de Falta

La pérdida de la capacidad de un aparato para realizar una función requerida se le llama Falta.

Se le llama Modo de Falta a el efecto por el cual se observa una falla en un aparato (EuReData, 1983)

- Todos los aparatos técnicos están diseñados para cumplir una o más funciones. Un modo de Falta se define entonces como un NO cumplimiento de una de esas funciones.

Muchos aparatos presentarán un número diferente de modos de falla. Estos se pueden dividir en dos clases (EuReData, 1983):

- Clase 1)** El cambio de estado requerido no se logra
- Clase 2)** Cambio de condiciones (estados)

Una válvula automática, por ejemplo, muestra los siguientes modos de fallas:

- Falla al abrir en mandato (FTO)
- Falla al cerrar en mandato (FTC)
- Fuga (por la válvula) cuando está cerrada (LCP)
- Fuga al medioambiente (LTE)

Los modos de falla FTO y FTC, pertenecen a la clase 1, mientras que los modos de falla LCP y LTE son de clase 2.

Es muy importante hacer notar que un modo de falla es una manifestación de cómo se registra la falla desde el exterior (p.ej. el término de una o más funciones) Fuga (por la válvula) cuando ésta se encuentra cerrada es entonces, un modo de falla de una válvula, ya que ésta pierde su capacidad (función requerida) de cortar el paso del fluido. La erosión del sello de la válvula, representa una causa de falla y por lo tanto no es un modo de falla de la válvula.

La técnica de Modos de falla se usa para realizar análisis aislados y aleatorios de fallas requeridos por el estándar de IEE Std. 279-1971. El estudio de FMEA considera cada modo de falla en cada componente, por ejemplo un Reelé, puede fallar por:

- Contacto se atora en cierre
- Contacto tarda en abrir
- Contacto se atora en apertura
- Contacto tarda en cerrar
- Corto circuito de contacto:
 - A tierra
 - A la fuente
 - Entre contactos
 - A las líneas de señales
- Contactos generan ruido
- Bobina en circuito abierto
- Bobina en corto circuito:
 - A tierra
 - A la fuente
 - Entre contactos

- A las líneas de señales
- Resistencia de bobina:
 - Alta
 - Baja
- Calentamiento de bobina
- Bobina magnetizada (el mismo efecto que el contacto se atora en cerrar o lenta apertura)

Los modos de falla genéricos se enlistan en la tabla 3.

Tabla 3. Modos de Falta Genéricos

No.	Modo de Falta	No.	Modo de Falta
1	Falla estructural (rotura)	19	Falla al detenerse
2	Bloqueo físico	20	Falla al iniciar
3	Vibración	21	Falla al cambiar de estado (switch)
4	Falla en posición	22	Operación prematura
5	Falla al abrir	23	Operación retrazada
6	Falla al cerrar	24	Entrada errónea (incremento)
7	Falla abierta	25	Entrada errónea (decremento)
8	Falla cerrada	26	Salida errónea (incremento)
9	Fuga interna	27	Salida errónea (decremento)
10	Fuga externa	28	Pérdida de entrada
11	Fuera de tolerancia (alta)	29	Pérdida de salida
12	Fuera de Tolerancia (baja)	30	Interrupción (eléctrica)
13	Operación inadvertida	31	Abierto (eléctrico)
14	Operación intermitente	32	Fuga (eléctrico)
15	Operación errática	33	Cualquier otra condición de falla única aplicable a las características del sistema, requerimientos y constantes de operación
16	Indicación errónea		
17	Flujo restringido		
18	Falso funcionamiento		

Las fallas se pueden clasificar de muchas maneras:

- 1) **Fallas repentinas vs. fallas graduales.** Una falla puede representar una repentina pérdida de funciones, oirse saliendo gradualmente del rango de valores de desempeño especificados. Las fallas repentinas son fáciles de reconocer, en cualquier instante durante su tiempo de operación, el aparato estará funcionado bien y no tan bien. El reconocimiento de fallas (drift: manejo, objeto o blanco de algún discurso(no solo)) requiere(de) la comparación del desempeño actual del aparato con las especificaciones de desempeño, y ésto puede ser una tarea difícil.
- 2) **Fallas escondidas vs fallas evidentes.** Algunos modos de fallas son llamados evidentes. Las fallas evidentes son detectadas instantáneamente cuando ocurren. El modo de falla "Paro repentino" es un ejemplo de fallas evidentes. Otro tipo de falla es la llamada falla escondida. Una falla escondida es detectada normalmente solo durante el proceso de prueba del aparato. El modo de falla "Fallo al inicio" de una bomba es un ejemplo de falla escondida.
- 3) **Clasificación de las fallas de acuerdo con efectos de severidad.** Las fallas pueden ser clasificadas por sus efectos en las siguientes formas. La siguiente clasificación se usa en OREDA (1992):

- **Falla crítica.** Es una falla que es repentina y que causa el cese (o suspensión) de una o más funciones fundamentales. (Nota: esta falla requiere una acción correctiva inmediata para poder regresar el aparato a condiciones satisfactorias.)
- **Falla degenerativa.** Es una falla que es gradual, parcial ó ambas. (Nota: este tipo de fallas no causa el cese de las funciones fundamentales, pero compromete una o varias funciones. La función se puede comprometer por combinaciones de salidas erráticas, reducidas ó disminuidas. Con el tiempo, esta falla puede desarrollarse en una falla crítica)
- **Falla incipiente.** Es una Imperfección en el estado o condición del aparato tal que, una falla degenerativa ó crítica puede esperarse como resultado si no se toma una acción correctiva.

US MIL-STD 882 usa la siguiente clasificación con respecto a la severidad de las fallas:

- **Catastrófica.** Cualquier falla que tiene como resultado la muerte ó la pérdida del sistema.
- **Crítica.** Cualquier falla que tiene como resultado heridas severas, enfermedades severas, o daños mayores al sistema.
- **Marginal.** Cualquier falla que tiene como resultado heridas menores, enfermedades menores, o daños menores al sistema.
- **Negligible.** Cualquier falla que tiene como resultado heridas superficiales, enfermedad o daños al sistema.

4) Fallas primarias, fallas secundarias y desperfecto de mando (fallas transitorias).

Las fallas de un aparato pueden clasificarse en primarias, secundarias y transitorias (ver Henley y Kunamoto 1981; Villemeur 1992).

La falla primaria es causada por la edad del aparato. La falla primaria ocurre dentro de las condiciones de diseño del aparato. Una reparación es necesaria para regresar al aparato a un estado funcional.

La falla secundaria es causada por estrés excesivo fuera de los parámetros de diseño del aparato. Tal estrés puede ser choques de fuentes de energía mecánica, química, eléctrica, térmica, o radioactiva. El estrés puede ser causado por componente vecinos, el medioambiente, o por los operadores del sistema / personal de la planta. De nuevo una reparación es necesaria para devolver el aparato a su estado original.

Una falla transitoria es causada por un deficiente o inapropiado control de señales o de ruido. Usualmente no se necesita una reparación para devolver el aparato a su estado normal.

Es importante hacer notar la diferencia fundamental entre los dos conceptos: modo de falla y mecanismo de falla. Por "Mecanismo de falla" nos referimos al proceso físico, químico, u otro tipo de proceso que está deteriorando el aparato, conduciéndolo hacia una falla. La causa de una falla puede, en algunos casos, ocurrir en diferentes momentos que la falla misma. Consideremos, por ejemplo, el caso del modo de falla FTO de una válvula normalmente abierta, partículas externas y la corrosión pueden evitar el cierre del sello de la válvula. La falla FTC no se presenta hasta que la operación de la válvula se prueba.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento que se realiza en general para la aplicación del FMEA es el siguiente:

1. Seleccionar un sistema
2. Describir el sistema
3. Clasificar el número del artículo y las descripciones de los componentes
4. Enumerar los modos de falla o de error
5. Enumerar los efectos de la seguridad sobre todo el sistema
6. Determinar un índice de gravedad del riesgo asociado con cada modo de falla
7. Determinar la probabilidad de la falla y asignarle un grado de probabilidad
8. Calcular la gravedad
9. Enumerar la protección actual
10. Analizar posibles recomendaciones

Los modos de falla o error son las posibles formas en que puede fallar cada componente o equipo, para ello serán considerados y/o aplicados los siguientes documentos (bases de datos de tasas de falla) para los diferentes equipos y/o sistemas de instrumentación y control:

- ❖ OREDA, 1992 *
- ❖ API RP 75
- ❖ API 14J
- ❖ Entre otros.

Las posibles fallas de un componente pueden afectar a todo un sistema por ello también serán analizados los posibles efectos que tengan las fallas de cada componente.

El índice de gravedad asociado para cada modo de falla será asignado de acuerdo a una escala ya determinada por un Análisis de Estadísticas de Riesgo.

Para determinar el índice de probabilidad serán utilizadas bases de datos.

Para calcular la gravedad (riesgo) se aplicarán los índices de riesgo y de probabilidad de la falla.

Se enumerarán las protecciones existentes con las que cuenta el sistema, a las que llamaremos salvaguardas.

Por último se harán las recomendaciones pertinentes para cada componente que se considere de alto riesgo, así como procedimientos mínimos necesarios tanto para la operación normal, como para la operación anormal con la implementación del sistema SCADA.

Una Operación Normal se considera aquella condición en la cual no se presenta ningún tipo de alarma y los parámetros de operación no presentan desviaciones con respecto a los límites establecidos para los sistemas de transporte de cualquier combustible. Y la Operación Anormal es una condición identificada por el operador que puede indicar una falla o mal funcionamiento de un componente o la desviación de las operaciones normales que indican una situación que excede los límites establecidos, y pueden resultar un peligro para la persona, la propiedad o el medio ambiente.

Este análisis ayudará a identificar los problemas potenciales en el control con el objeto de aminorar el riesgo y aumentar la confiabilidad de los componentes analizados para el sistema.

Diseño de Hoja de Datos *

Una típica Hoja de Datos FMEA incluye:

- Identificación del componente y su sistema padre
- Selección de modo de falla: causa de la falla
- Efectos de la falla en el subsistema o sistema
- Método de detección: diagnóstico de ayudas disponibles
- Sistema y respuesta del operador : comentarios clarificadores.

IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE	MODO DE FALLA	EFECTOS DE LA FALLA	MÉTODO DE DETECCIÓN	COMENTARIOS
-------------------------------	---------------	---------------------	---------------------	-------------

Identificador de componentes. El componente de identificación apropiado incluye tres elementos:

- Un título funcional o descriptivo (Ejemplo: "Bomba inyectora de metanol")
- Registro con un número o identificador que se pueda ligar al diagrama base.
- Un subsistema o sistema padre que enlace los componentes o componente a un conjunto de diagramas y a una descripción del sistema.

Modo de falla del componente. La descripción del modo de falla en un formato columnar es necesariamente (ó debe ser necesariamente) conciso, pero debe ser claro y limitado por la naturaleza de la falla. También debe de ser realista. El equipo en trabajos similares tiene un conjunto de modo de fallas típico, el cual puede ser clasificado en orden del porcentaje de ocurrencia posible.

Una manera de clarificar la naturaleza de la falla es agregando una columna a la hoja de datos, registrando la causa de la falla aunque evidenciando el escenario implícito de la falla.

Efecto en el sistema. Esta columna requiere de más esfuerzo y trabajo que los demás encabezados en la hoja de datos. También requiere que la falla sea examinada desde una perspectiva multidisciplinaria. Esto no es solamente para estar seguros de que los efectos mecánicos en el sistema se han considerado, sino que también sean considerados los efectos eléctricos y de control del impacto de la falla en los parámetros de proceso. Muchos efectos de falla en el componente mismo son simples y muy obvios, pero la habilidad de proyectar el flujo del impacto hacia debajo de las fallas ocasionalmente requiere conocimiento especializado. Mucho de este conocimiento se encuentra solamente en aquellos que están fuertemente familiarizados con la operación del sistema, o en aquellos que tienen enorme experiencia con efectos de falla de esta naturaleza en procesos similares. En todo caso, el equipo debe de ser capaz de reconocer cuándo este tipo de conocimiento es necesario, y evitar falsas recolecciones como sustituto.

Frecuentemente la información obtenida de los operadores e incluso de los Ingenieros de planta, puede ser empírica; no está basada en ningún conocimiento profundo del diseño del equipo o en saber cuándo el equipo está siendo operado fuera del rango para el que fue originalmente diseñado. Tal vez se necesite un especialista o un representante del fabricante con conocimientos de ingeniería y servicio para interpretar algunos problemas con los componentes.

TESIS DE
FALLA DE INGEN

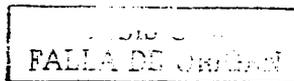
Método de Detección de Falta Algunas veces la jerarquización de detecciones de fallas anticipadas presentan una gran dificultad para el equipo de estudio del FMEA. Con frecuencia los instrumentos que pueden proporcionar la información requerida no sirven o se encuentran extraviados. Algunas veces la posibilidad de detección tiene que suponerse por la respuesta de los controles. Muchas fallas tienen un período de desarrollo largo e indetectable por incipiente, y algunas por el contrario pueden ser fácilmente detectadas en sus etapas iniciales mediante técnicas condicionales de monitoreo. En cualquier caso, es imperativo que cuando el analista tome el crédito por la intervención de un operador, el operador debe tener una indicación clara e inequívoca de que la falla ha ocurrido o se encuentra en proceso. Las fallas en sus primeras etapas muchas veces son sutiles y requieren de un mayor esfuerzo para identificarlas. Intentos recientes para diseñar ayudas en estos diagnósticos usando bases de conocimiento o sistemas expertos, han mostrado que esto requiere una larga inversión de tiempo y, en muchos casos, grandes costos. Debido al número inherente de obstáculos en la detección de fallas, es esencial que el analista debe ser meticuloso en su valoración.

Sistema y Operador de Respuesta. Si los controles automáticos o la capacidad del sistema es capaz de absorber los efectos de una falla específica, sin pérdida de las funciones del sistema, esto deberá ser documentado; es un juicio basado únicamente en la información y debe estar respaldado por evidencias sólidas o experiencia en la operación del sistema. Frecuentemente, la velocidad de la acción de recuperación del operador en respuesta de una falla está sobrevalorada cuando la falla ocurra demasiado rápido para que respuesta sea efectiva o la información disponible para el operador es inadecuada para tal respuesta. Aquí, el analista debe ser realista acerca de la habilidad del operador para improvisar. Las soluciones que requieren cambios en la participación del operador deberán estar documentados dentro de los procedimientos de operación normales o de emergencia, dado que los resultados analíticos dependen de ello. Esto también asegura que tales resoluciones tendrán una revisión más detallada antes de su implementación.

Diversos autores proponen algunas hojas de tabulación para la elaboración de los FMEAS, sin embargo de acuerdo a las necesidades particulares o alcance definido de cada evaluación, dichas hojas de tabulación podrán ser modificadas.

IDENTIFICACIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	POSIBLES EFECTOS	PROBABILIDAD	CRITICO	ACCIONES PARA REDUCIR EL RIESGO

Fuente: Probabilistic Risk Assessment and Management for Engineers and Scientists, Hiromitsu Kumamoto and Ernest J. Henley



1. SUBSISTEMA _____

2. NÚM. DIBUJO _____

3. REALIZADO POR _____

4. FECHA _____

IDENTIFICACIÓN	MODO DE FALLA	CAUSA DE LA FALLA	POSIBLES EFECTOS	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	CRITICO	ACCIONES PARA REDUCIR EL RIESGO

Fuente: Hammer, W., Handbook of System and Product Safety, Praetice-Hall

PLANO	IDENTIFICACIÓN DEL COMPONENTE	COMPONENTE Y MODO DE FALLA	METODO PARA DETECCIÓN DE LA FALLA	EFEECTO EN EL SISTEMA	OTRAS OBSERVACIONES

Fuente: Risk Assessment And Risk Management For The Chemical Process Industry, Harris R. Greenberg And Joseph J. Cramer

REFERENCIA	FUNCION	MODO OPERACIONAL	MODO DE FALLA	MECANISMO DE FALLA	DETECCION DE LA FALLA	EFFECTOS EN OTROS COMPONENTES DEL MISMO SUBSISTEMA	EFFECTOS EN LA FUNCION PRIMARIA DEL SISTEMA	PORCENTAJE DE FALLA	SEVERIDAD	MEIDAS DE REDUCCION DE RIESGO	COMENTARIOS

Fuente: Armpol Heyland y Marvin Rausand, "Teoría de la Confiabilidad de Sistemas Modelos y Métodos Estadísticos", Instituto Noruego de Tecnología, Publicaciones Wiley-Intenciones John Wiley & Sons, Inc

TESIS DE GRADUACION
 FALTA DE ENTEN

Las entradas variadas de la hoja de registro FMEA se comprenden mejor revisando una hoja columna por columna

Referencia (columna 1). El nombre de la unidad o del esquema es el que se le da a esta columna.

Función (columna 2). La función (es) de la unidad se describe (n) en esta columna.

Modo operacional (columna 3). La unidad puede tener varios modos operacionales, por ejemplo, funcionando o en espera.

Modo de falla (columna 4). Deben ser reconocidos todos los modos de fallas y registrados para cada función de un componente y su modo operacional (ver modo de falla). Todas las unidades se diseñan para cumplir una o más funciones. Un modo de Falta se define entonces como un NO cumplimiento de una de esas funciones.

Mecanismos de falla (columna 5). Los posibles mecanismos de fallas, que pueden producir la falla son registrados en esta columna.

Detección de la falla (columna 6). Las posibilidades para la detección del modo de falla identificado se registran aquí. Estas pueden involucrar diferentes tipos de alarmas, pruebas, percepción humana, etc.

Efectos en otros componentes del mismo subsistema (columna 7). Todos los efectos principales de l modo de falla identificado en otros componentes del subsistema son registrados.

Efectos en la función primaria del sistema (columna 8). Todos los efectos principales del modo de falla identificado que afectan la función principal del sistema son registrados. El status operacional resultante después de la falla puede también ser registrado, esto es, cuando el sistema funciona o se cambia a otro modo operacional.

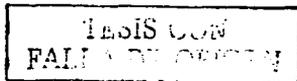
Porcentaje de falla (columna 9). El porcentaje de falla por cada modo de falla. En muchos casos es más conveniente clasificar el porcentaje de fallas en clases. Un ejemplo de una clasificación es:

Muy improbable	Una vez cada 1,000 años o más raramente
Remota	Una vez cada 100 años
Ocasional	Una vez cada 10 años
Probable	Una vez por año
Frecuente	Una vez cada mes o más frecuentemente

Nótese que el porcentaje de falla con respecto a un modo de falla puede ser diferente de acuerdo a los diferentes modos operacionales.

Severidad (columna 10). Por la severidad de un modo de falla entendemos la peor consecuencia potencial de la falla, determinada por el nivel de daños, o el daño al sistema que pueda ocurrir.

Medidas de reducción de riesgo (columna 11). Posibles acciones para corregir las fallas y restaurar las funciones, o prevenir serias consecuencias. Acciones para reducir la frecuencia de los modos de fallas también suelen ser registrados.



FALTA

PAGINA

62 |

Las entradas variadas de la hoja de registro FMEA se comprenden mejor revisando una hoja columna por columna

Referencia (columna 1). El nombre de la unidad o del esquema es el que se le da a esta columna.

Función (columna 2). La función (es) de la unidad se describe (n) en esta columna.

Modo operacional (columna 3). La unidad puede tener varios modos operacionales, por ejemplo, funcionando o en espera.

Modo de falla (columna 4). Deben ser reconocidos todos los modos de fallas y registrados para cada función de un componente y su modo operacional (ver modo de falla). Todas las unidades se diseñan para cumplir una o más funciones. Un modo de Falta se define entonces como un NO cumplimiento de una de esas funciones.

Mecanismos de falla (columna 5). Los posibles mecanismos de fallas, que pueden producir la falla son registrados en esta columna.

Detección de la falla (columna 6). Las posibilidades para la detección del modo de falla identificado se registran aquí. Estas pueden involucrar diferentes tipos de alarmas, pruebas, percepción humana, etc.

Efectos en otros componentes del mismo subsistema (columna 7). Todos los efectos principales de l modo de falla identificado en otros componentes del subsistema son registrados.

Efectos en la función primaria del sistema (columna 8). Todos los efectos principales del modo de falla identificado que afectan la función principal del sistema son registrados. El status operacional resultante después de la falla puede también ser registrado, esto es, cuando el sistema funciona o se cambia a otro modo operacional.

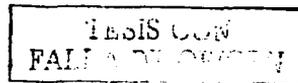
Porcentaje de falla (columna 9). El porcentaje de falla por cada modo de falla. En muchos casos es más conveniente clasificar el porcentaje de fallas en clases. Un ejemplo de una clasificación es:

Muy improbable	Una vez cada 1.000 años o más raramente
Remota	Una vez cada 100 años
Ocasional	Una vez cada 10 años
Probable	Una vez por año
Frecuente	Una vez cada mes o más frecuentemente

Nótese que el porcentaje de falla con respecto a un modo de falla puede ser diferente de acuerdo a los diferentes modos operacionales.

Severidad (columna 10). Por la severidad de un modo de falla entendemos la peor consecuencia potencial de la falla, determinada por el nivel de daños, o el daño al sistema que pueda ocurrir.

Medidas de reducción de riesgo (columna 11). Posibles acciones para corregir las fallas y restaurar las funciones, o prevenir serias consecuencias. Acciones para reducir la frecuencia de los modos de fallas también suelen ser registrados.



Comentarios (columna 12). Usualmente para llenar con información relevante que no se incluye en otras columnas.

Combinando el porcentaje de fallas (columna 9) y la severidad (columna 10), podemos obtener un rango de la incidencia de los diferentes modos de fallas.

Definición de Sistema v

Un objetivo conjunto de un análisis FMEA es el de organizar y documentar cuál es la información que se tiene sobre el efecto de las fallas de los componentes en un sistema específico.

Los Sistemas, como son definidos comúnmente, son un grupo tradicional o arbitrario de componentes. En otras palabras, el sistema definido en un DTI normalmente no está funcionalmente completo en aquello que depende de las fuentes externas de energía, enfriamiento de agua o control de información. La primera tarea del analista es por lo tanto, definir completamente los límites de funcionalidad del sistema a estudiarse. Esto se logra mejor por medio de un conjunto de diagramas y anotaciones que muestran sus límites funcionales y dependencias.

ALCANCE DEL SISTEMA DE ESTUDIO

Se analizarán los sistemas del proceso: línea de succión principal de proceso, turbobomba, línea de descarga de proceso de estación; así como los servicios auxiliares: gas de arranque, gas combustible y sistemas de lubricación. El análisis del estudio será dividido a su vez en sub-sistemas de acuerdo a la metodología de FMEA.

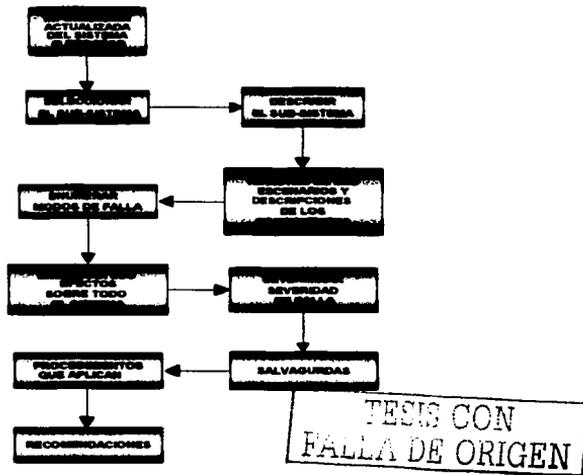
VII

APLICACIÓN DEL FMEA

Los documentos analizados para la elaboración del estudio de FMEA's son:

- Descripción del Sistema,
- Diagrama de Flujo de Proceso,
- Diagrama de Tubería e Instrumentación,
- Índice de Instrumentación,
- Procedimientos de Operación del Sistema.

Para los elementos que se encuentran ligados al Sistema SCADA de cada sub-sistema se realizó el estudio de FMEA empleando el siguiente procedimiento:



- 1) **Información Actualizada del Sistema y/o Proceso.** La información utilizada para el análisis de riesgo debe de considerar los cambios realizados al sistema cuando se incluye el control y monitoreo de la estación de bombeo por medio del sistema SCADA. Si llegará haber alguna otra modificación en el proceso deberá de realizarse nuevamente el estudio considerando dichas modificaciones. La información con la que se cuenta para este sistema es:
 - a. Filosofía de operación de la estación de bombeo
 - b. Filosofía de control de la estación de bombeo
 - c. Diagrama de Flujo de Proceso
 - d. Diagrama de Tubería e Instrumentación
 - e. Índice de Componentes Integrados al sistema SCADA

- 2) **Seleccionar el Sub-Sistema.** El proceso fue dividido en Sub-Sistemas los cuales presentan los componentes que lo integran y que se encuentran monitoreados y/o controlados por el sistema SCADA. De esta aplicación se pretende conocer y/o determinar cuales son las fallas que se pueden presentar y cual sería su impacto en el sistema. Los sub-sistemas en los que fue dividido el proceso o sistema son:
 1. Cabezal Principal de Succión de Estación
 2. Cabezales de Succión de Turbo-bombas
 3. Turbo-bombas
 4. Cabezales de Descarga de las Turbo-bombas
 5. Cabezal de Descarga Principal de Estación

Es importante estipular el alcance exacto del análisis. Una buena forma consiste en escoger la parte más pequeña de un proceso, que sea razonable y autónoma de otras partes, en especial de los sistemas de control.

- 3) **Describir el sub-sistema.** Se analiza el Sistema de Ductos, dividiéndolo por sub-sistemas presentes en el sistema. Se desarrollan Esquemáticos y Diagramas de Bloques de Sub-Sistemas para los elementos de los sub-sistemas asociados con el Sistema SCADA, con el propósito de visualizar e identificar los componentes de cada Sub-Sistema. Se realizará una descripción del Sub-Sistema e identificando los componentes particulares que se contienen en el sub-sistema asociados al sistema SCADA.

Es necesario contar con una descripción completa del sistema objeto del estudio. Todos los componentes incorporados al sistema SCADA tienen que estar indicados. El valor del análisis depende de la precisión del esquema, por ello es importante que dicho esquema se encuentre actualizado en el momento del estudio.

A partir del siguiente paso se conforma la Hoja de Tabulación del FMEA teniendo el siguiente encabezado.

No. de Componente	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efecto	Causa	Efecto	Efecto	Efecto	Efecto

- 4) **Registro de los escenarios y descripción de cada componente** que se encuentra monitoreado y/o controlado por el sistema SCADA. Se enumeran los componentes y se hace una breve descripción del mismo.

En la hoja de tabulación se registran los componentes que conforman al Sub-Sistema

2	Transmisor de Presión a la Entrada a la Estación. PT-102
---	--

Los números de cada componente se asignan de manera que puedan servir de referencia para otras partes del estudio. Estos números deben registrarse tanto en la hoja de tabulación como en el esquema del sistema.

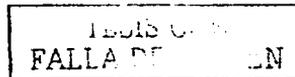
- 5) **Enumerar los Modos de Falla.** Los modos de falla son específicos para cada equipo, estos modos de falla son determinados por las falla que presentan los equipos con mayor frecuencia o son definidos por los fabricantes. Las posibles formas en que cada componente puede fallar se presentan en la hoja de tabulación de FMEA. Cabe mencionar que una de las referencias que se consideró fue la base de datos de OREDA por el echo de que es para instalaciones petroleras (plataformas).

Modos de Falla
Falsa señal por alta presión.
Falsa señal por baja presión.
Falla total.

- 6) **Enumerar los efectos sobre todo el sistema.** Es posible que la falla de un componente afecte a todo el sistema; en las hojas de tabulación deben registrarse todas las interacciones de este tipo entre los componentes que en un momento pudieran alterar todo el sistema, estos son los resultados potenciales de la falla en el "peor de los casos". Los paros no programados y sobrepresión son ejemplos de lo que podría presentarse.

Si se requiere ampliar o aclarar algo con respecto a un modo de falla se podrá asentar en la columna asignada para **Comentarios**.

Efectos	Comentarios
<ul style="list-style-type: none"> El transmisor de presión indica alta presión de entrada a la Estación pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales corriente arriba de la Estación y en la Estación. 	



Análisis de Modo, Falla y Efecto

<p>- El transmisor de presión no indica lectura de presión a la entrada de la Estación pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales antes de la entrada a la Estación y en la Estación.</p>	<p>Funciona sin transmitir señal.</p>
---	---------------------------------------

- 7) **Determinar la Severidad de la Falla.** Para la determinar la severidad de falla se consideró la clasificación utilizada por OREDA ya que es el criterio más apegado a la fallas de los equipos que se analizarán .

<p>Critica</p> <p>Possible Paro de Estación.</p> <p>Suspensión temporal de suministro de gas LP al sistema.</p>
--

- 8) **Identificar las salvaguardas.** Cuando los componentes o las personas fallan, a menudo se pueden tomar medidas de emergencia o los equipos pueden diseñarse para solventar las fallas o en su caso minimizar los efectos de dichas fallas. Se debe hacer una lista de la protección existente por cada falla de los componentes o las personas que de alguna manera pudiera contribuir a las consecuencias para la seguridad del sistema en el peor de los casos.

La protección incluye dispositivos tales como interruptores automáticos, alarmas, sistemas de cierre de emergencia y acciones del operario que pueden proteger el sistema aún cuando ocurra la falla en cuestión. "El operario cierra la válvula de cierre manual " puede ser la protección indicada para cuando "la válvula de cierre automática falla en posición abierta".

Protección y Salvaguardas
<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por baja presión en la entrada de la Estación. • Paro de Estación Asegurado (SSDL) por muy baja presión. • Alarma por Baja Presión de Succión de la Bomba. • Paro de Unidad Asegurado (USDL) por muy baja presión de succión de la bomba. • Alarma por bajo flujo. • Sistema de cierre por Ruptura de Línea.

- 9) **Determinar los procedimientos que aplican para cada modo de falla.** Uno de los enfoques de los FMEA's fue identificar los tipos de procedimientos que serán requeridos por el personal de operación del SCADA durante la operación normal, anormal y de emergencia como se define abajo.
- Operación normal se refiere a la operación dentro de los límites normales de operación, sin mal funcionamiento de equipo o pérdida de comunicación.
 - Operación anormal consiste en uno o más de lo siguiente:
 - Cierre imprevisto de válvulas o Paro
 - Incremento o decremento en la presión o proporción de flujo fuera de los límites normales de operación.
 - Pérdida de comunicaciones
 - Operación de cualquier dispositivo de seguridad
 - Cualquier otro funcionamiento defectuoso de un componente, desviación de la operación normal, o error del personal que podría causar un riesgo a personas o propiedad.
 - Operación de Emergencia incluye pero no se limita a cualquier fuga, Ruptura de Línea, Fuego, Explosión, Tormenta, inundación, Terremoto, Accidente, Manifestaciones, demostración civil o sabotaje los cuales ocurren en o cerca de las instalaciones y que pueden poner en peligro la vida, la propiedad o el medio ambiente, o pueden interrumpir o pueden plantear una amenaza a la operación segura y continua de un sistema de ductos.

La tabla 3 presenta la categorización de los procedimientos que se emplearán, los cuales están basados en las categorías típicas usadas a lo largo de la industria de petróleo de los U.S.A., estos procedimientos fueron adaptados a las operaciones de la estación de bombeo.

Tabla 3. Categorización de Procedimientos.

I. Operación Normal

- A. Monitoreo en el Centro de Control
- B. Puesta en Operación Normal del Sistema
- C. Paro Normal del Sistema
- D. Determinar qué instalaciones del Ducto Requieren y Exigen una Inmediata Respuesta para Prevenir Riesgos a la Población.
 - 1. Incidentes o Eventos que Requieren una Inmediata Respuesta.
 - 2. Áreas que Requieren Inmediata Respuesta.
- E. Instalaciones no Equipadas con Condición a Falla Segura
- F. Minimización del Potencial de Riesgo
- G. Monitoreo de la puesta en operación (de una instalación no Equipada con Condición de Falla Segura)
- H. Monitoreo del Paro (de una instalación no Equipada con Condición de Falla Segura)
- I. Minimización de la Probabilidad de Ignición Accidental

FESIS CON
FALLA DE EMERGEN

II. Operación Anormal

Guías

- Cierre Imprevisto de Válvulas o Paro de Emergencia(Pérdida de la Estación o Estaciones en el Sistema)
- Incremento o Decremento en la Presión o en el flujo Fuera de los Límites de Operación Normales.
- Pérdida de las Comunicaciones
- Operación de Cualquier Dispositivo de Seguridad
- Responsabilidades del Controlador de la Operación
- Instrucciones para la Detección de Fugas.
- Pruebas de presión en el Sistema para Detección de Fugas

A. Investigación de Condiciones de Operación Anormales

1. Cierre Imprevisto de Válvulas o Paro de Emergencia
2. Incremento o Decremento en la Presión o en el Flujo Fuera de los Límites de Operación Normales
3. Pérdida de las Comunicaciones
4. Operación de Cualquier Dispositivo de Seguridad
5. Mal Funcionamiento de un Componente, Desviando el Funcionamiento Normal de Operación, o Error del Personal, que Podría Causar un Riesgo a Personas o Propiedad.

B. Corrección de las Causas de las Condiciones de Operación Anormales

C. Determinación de la Integridad en forma Continua y de la Operación Segura Después de que una Condición Anormal ha Terminado.

1. Datos Operacionales
2. Procedimiento de Puesta en Operación
3. Volumen de la Línea Anormal por Encima o por Período Corto
4. Cambios de Presión Anormales

D. Corrección de Condiciones de Operación Anormales

E. Notificación del Personal Responsable de una Condición de Operación Anormal

1. Recibe la Información
2. Registros de la Información
3. Notificación Oficial Pública
4. Notificación al Personal de la Compañía

III. Operación en Emergencia

- A. Recibir, Identificar y Clasificar Avisos de Emergencia
- B. Prompta y Efectiva Respuesta a los Avisos de Emergencia
- C. Acciones Necesarias para Minimizar una Condición de Emergencia
- D. Control de Desfogues / Relevos de Líquidos y/o Gases Peligrosos
- E. Minimizar la Exposición al Pública a Lesiones y Accidentes de Ignición.
- F. Notificar Emergencias de Fuego a Policía y Otros Oficiales Públicos.
- G. Listas de Teléfonos de Emergencia

Una lista de todos los procedimientos aplicables necesarios para el Operador del SCADA son para responder a cada escenario que será registrado en la última columna de las Hojas de Tabulación de los FMEA's. Siguiendo los incisos para los procedimientos indicados en la tabla anterior se hizo una síntesis de cada uno, por ejemplo en **Operación Normal I A**, el número romano **I** indica que es **Operación Normal** y la letra **A** que debe tener **Monitoreo desde el Centro de Control**; para el procedimiento **II C1,2,4** el número romano **II** indica que es **Operación Anormal**, la letra **C** indica que debe tener una **Determinación de la Integridad en forma Continua y de la Operación Segura Después de que una Condición Anormal ha Terminado**, los números 1, 2, 4 son puntos complementarios del inciso **C**, 1) **Datos Operacionales**, 2) **Procedimiento de Puesta en Operación**, 4) **Cambios de Presión Anormales**.

Procedimientos	
OPERACIÓN NORMAL	
IA	(Monitoreo desde el Centro de Control)
ID1	(Determinar qué Instalaciones del Ducto Requieren y Exigen una Inmediata Respuesta para Prevenir Riesgos a la Población. 1. Incidentes o Eventos que Requieren una Inmediata Respuesta.)
OPERACIÓN ANORMAL	
	IIA2,4 y 5.
	II B
	II C1,2,4
	II D
	II E1,2 y 4
OPERACIÓN DE EMERGENCIA	
	III A-G

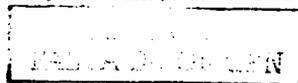
Los procedimientos fueron seleccionados conforme aplicaban para cada modo de falla, en algunos casos los procedimientos seleccionados pueden aplicarse para dos o mas modos de fallas de un mismo componente.

- 10) **Recomendaciones.** Se puede llegar a la conclusión de que el sistema ya cuenta con una protección adecuada, de ser así, es necesario cuidar que la lógica de los razonamientos se anoten debidamente en la columna "Recomendación." De no ser así, se deben recomendar cambios a los conceptos de herramientas o procedimientos que pudieran implantarse para mejorar la protección, los cuales deberán también anotarse en la columna "Recomendación".

Recomendación
<ul style="list-style-type: none">• Mantener en stock partes de repuesto necesarias y suficientes en un almacén para respuesta inmediata.• El operador de SCADA necesita comparar la lectura de la variable con el transmisor para verificar las condiciones en la Estación.• Se propone la instalación de transmisores de presión diferencial en los filtros, derivado del transmisor de presión a la salida de los filtros y en la entrada de la estación.

Se elaboró para cada sub-sistema

- Un esquemático en el cual se indican los componentes que se encuentran monitoreados y/o controlados por el sistema SCADA.
- Índice de Componentes que se encuentran monitoreados y/o controlados por el sistema SCADA.

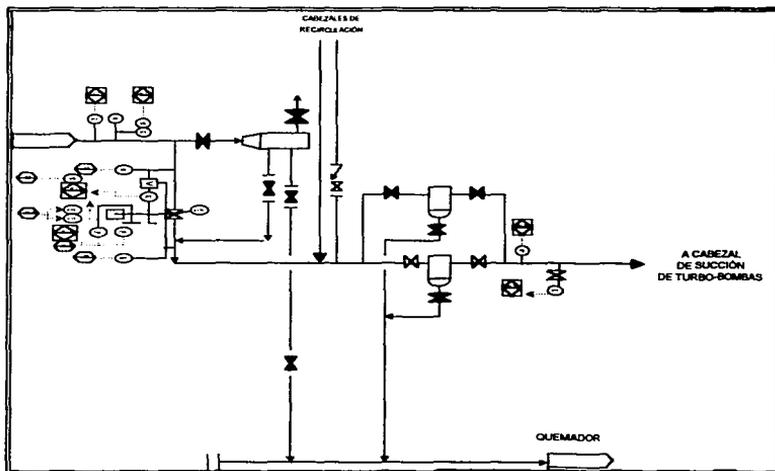


1. Cabezal de Succión Principal de Estación.

Tubería de 24"Ø, dispuesta de tal forma que sirve como distribuidor del flujo proveniente de la estación de bombeo anterior, hacia la succión de las bombas centrífugas Byron Jackson de la estación respectiva. Cuenta con trampa de diablos cuya función y operación principal es recibir los instrumentos de limpieza interna de las tuberías llamados diablos; procedentes de la Estación de bombeo anterior acompañando al flujo. También cuenta con un transmisor de Presión; un sistema de Ruptura de Línea, una válvula motorizada ubicados a la entrada de la estación; 2 elementos filtrantes utilizados como retenedores de sólidos que acompañan al gas L.P., se encuentran ubicados después de la trampa de recibo de diablo y antes de la succión de las bombas Byron Jackson, generalmente uno de ellos se encuentra en servicio y el otro se utiliza como relevo para continuidad del proceso. Así como con un elemento de temperatura ubicado después de los elementos filtrantes

Los elementos que se encuentran ligados al sistema SCADA de este subsistema son:

- Transmisor de presión a la entrada de la estación (PT-102)
- Sistema de Ruptura de Línea (XS-105E)
- Válvula motorizada (EOV-101)
- Elemento de Temperatura (TE-101)



INDICE DE COMPONENTES

CABEZAL DE SUCCIÓN PRINCIPAL DE ESTACIÓN

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	SERVICIO	DIAGRAMA SIMBOLÓGICO	SEÑAL EN INMI	FUNCIÓN	ALARMA Y/O PARO	PUNTO DE AJUSTE
PT-102	Transmisor de presión a la entrada de la estación	Presión en succión de la estación	E-8-DT1+41	00-PT-102	Indica la Presión de Succión de la Estación	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por BP • Alarma por FS • SSOL por muy BP 	<ul style="list-style-type: none"> <20 Kg/cm² <2a >22 mA 14 Kg/cm²
XS-105E	Sistema de detección de ruptura de líneas a la entrada de la estación.	Sistema de ruptura de líneas	E-8-DT1+41	00-XS-105E	Al presentarse una muy baja presión en la entrada a la estación se activará el sistema de ruptura de líneas.	<ul style="list-style-type: none"> • SSOL por detección de ruptura de líneas. 	---
EON-101	Válvula de bloqueo a la entrada de la estación	Bloqueo en caso de ser necesario a la entrada de la estación	E-8-DT1+41	EON-101	Bloqueo en la entrada de gas LP a la estación	<ul style="list-style-type: none"> • SSOL válvula cerrada más del 80% mientras se bombea 	---
ZI-101A	Indicador válvula EON-101 en reposición	Indicador válvula EON-101 en reposición	E-8-DT1+41	00-ZI-101A	Indicador de válvula en reposición	---	---
ZC-101A	Indicador válvula EON-101 cerrado	Indicador válvula EON-101 cerrado	E-8-DT1+41	00-ZC-101A	Indicador / Alarma de válvula cerrada	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma válvula de succión cerrada 	---
ZD-101A	Indicador válvula EON-101 abierta	Indicador válvula EON-101 abierta	E-8-DT1+41	00-ZD-101A	Función Indicador de válvula abierta	---	---
XA-101A	Orden de Cerrar válvula EON-101	Orden de Cerrar válvula EON-101	E-8-DT1+41	00-XA-101A	Orden para cerrar válvula abriendo a cerrado	---	---
XAO-101A	Orden de Abrir válvula EON-101	Orden de Abrir válvula EON-101	E-8-DT1+41	00-XAO-101A	Orden para abrir la válvula	---	---
XAC-101A	Orden de Control válvula EON-101	Orden de Control válvula EON-101	E-8-DT1+41	00-XAC-101A	Orden para cerrar la válvula	---	---
HS-101A	Indicador válvula EON-101 en control local	Indicador válvula EON-101 en control local	E-8-DT1+41	00-HS-101A	Indicador de que la válvula está en control local	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma válvula de succión en control local 	---
HS-101	Control Local	Control Local	E-8-DT1+41	00-HS-101	Alarma Controla la válvula está en control local, la válvula no puede ser controlada	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma válvula de succión en control local 	---
XA-101	Orden de Cerrar válvula EON-101	Orden de Cerrar válvula EON-101	E-8-DT1+41	00-XA-101	Orden para cerrar la válvula	---	---
XAC-101	Orden de Control válvula EON-101	Orden de Control válvula EON-101	E-8-DT1+41	00-XAC-101	Orden para cerrar válvula	---	---
XAO-101	Orden de Abrir válvula EON-101	Orden de Abrir válvula EON-101	E-8-DT1+41	00-XAO-101	Orden para abrir la válvula	---	---
ZC-101	Válvula EON-101, cerrado	Válvula EON-101, cerrado	E-8-DT1+41	00-ZC-101	Interrupción para cerrar válvula	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de válvula no completamente abierta. • Alarma de válvula Fuente de Presión. 	---
ZD-101	Válvula EON-101, abierta	Válvula EON-101, abierta	E-8-DT1+41	00-ZD-101	Interrupción / Alarma de válvula abierta	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de válvula no completamente cerrada. • Alarma de válvula Fuente de Presión. 	---
ZI-101	Posición válvula EON-101	Posición válvula EON-101	E-8-DT1+41	00-ZI-101	Indicador de posición de válvula	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por FS de posición de válvula 	---
XSI-005	Balón de paro de Estación en el área de líneas.	Paro de Línea asegurado desde balón	E-8-DT1+41	00-XSI-005	Paro de estación	<ul style="list-style-type: none"> • Paro de estación 	---
TE-101	Temperatura del cabezal de succión de la estación.	Temperatura del cabezal de succión	E-8-DT1+41	00-TE-101	Indicador de temperatura en el cabezal de succión	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AT • Alarma por FS • SSOL, muy AT 	<ul style="list-style-type: none"> >28°C <30a <35°C >42.8 °C
PT-105	Transmisor de presión a la salida de líneas	Presión de salida de las líneas de la estación	E-8-DT1+41	00-PT-105	Indicador de presión a la salida de líneas	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por BP • Alarma por FS 	<ul style="list-style-type: none"> <20 Kg/cm² <2a >22 mA

11-2015-0015
 EAT/ATM/OT/EN

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE SUCCIÓN PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Protección o Salvaguarda Actual	Preconfiguración	Recomendación
1	Equipo anterior a la estación de bombeo (válvula de seccionamiento)	No Flujo	<ul style="list-style-type: none"> Interrupción de Suministro de gas LP al sistema. Cierre de la Válvula de seccionamiento Motorizada de Entrada a la Estación (EOV-101) por muy baja presión. Paro de la Estación. 	La pérdida de flujo puede deberse a una ruptura de línea corriente arriba de la estación.	Crítica	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por Baja presión de entrada a la Estación Paro por muy baja presión (Paro de Estación Asegurado SSDI) Indicación de Ruptura de Línea Transmisor de presión a la entrada de la estación 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p>IA ID1</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA2, 4,5 IIB IIC1,2,4 IID IIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p>III A - G</p>	Comunicación con el operador SCADA del CCP para conocer las causa por baja presión en la estación
		Alta presión a la entrada de la Estación.	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA observa la indicación de alta presión en la entrada de la Estación. Posible ruptura de línea en la estación por muy alta presión 	Possible ruptura de línea en la estación por muy alta presión	Inopiente	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión a la entrada de la estación (indicación) Transmisor de presión a la salida de filtros (indicación) 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p>IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA2,4 y 5. IIB IIC1,4 IID IIE1,2 y 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> Configurar una alarma por alta presión derivada del transmisor de entrada a la Estación. Comunicación con el operador SCADA del CCP para conocer las cause por alta presión en la estación.

LEGISLACIÓN
 FALTA APLICAR

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE SUCCIÓN PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Protección o Salvaguarda Actual	Protección Propuesta	Residual
		Baja Presión a la entrada de la Estación.	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA observa indicación de baja presión en la entrada de la Estación. Se presenta alarma por baja presión a la entrada de la Estación. Cierre de válvula de entrada a la Estación por muy baja presión. Paro de la Estación por muy baja presión de succión. Interrupción en el Suministro de gas LP al sistema. 	<p>Posible Ruptura en la línea comente arriba de la Estación.</p> <p>Mayor Cierre parcial de una válvula de seccionamiento</p>	Crítica	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión en la entrada de la Estación. Paro de Estación Asegurado (SSDL) por muy baja presión. Alarma por Baja Presión de Succión de la Bomba. Paro de Unidad Asegurado (USDL) por muy baja presión de succión de la bomba. Alarma por bajo flujo. Sistema de cierre por Ruptura de Línea. 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p>1A ID1</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA2,4 y 5. IIB IIC1,2,4 IID IIE1,2 y 4</p> <p>OPERACIÓN DE EMERGENCIA</p> <p>III A-G</p>	Comunicación con el operador SCADA del CCP para conocer las causa por baja presión en la estación.
2	Transmisor de Presión a la entrada a la Estación. PT-102	Falsa señal por alta presión.	El transmisor de presión indica alta presión de entrada a la Estación pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales comente arriba de la Estación.		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal. Indicador de presión local a la entrada de la Estación (en caso de encontrarse tripulada la estación). Transmisor de presión a la salida de los filtros (solo indicación) Transmisor de presión en succión de bomba (solo indicación) 	<p>OPERACIÓN NORMAL</p> <p>1A</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> Mantener en stock partes de repuesto necesarias y suficientes recomendadas por el fabricante en un almacén de respuesta inmediata.

TESTIS CON FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE SUCCIÓN PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

		Falsa señal por baja presión.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor de presión indica baja presión de entrada a la Estación pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales corriente arriba de la entrada a la Estación y en la Estación. • Se presenta alarma por baja presión. • Si es muy baja la presión posible cierre de válvula de entrada de la estación • Posible Paro de Estación. • Suspensión temporal de suministro de gas LP al sistema. 	Critica Posible Paro de Estación. Suspensión temporal de suministro de gas LP al sistema.	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal. • Indicador de presión local a la entrada de Estación. • Alarma por baja presión en la entrada de la Estación. • Paro de Estación Asegurado por muy baja presión en la entrada de la Estación. • Transmisor de presión a la salida de los filtros • Transmisor de presión en succión de bomba • Alarma y paro por baja presión de succión de bomba. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener en stock partes de repuesto necesarias y suficientes en un almacén para respuesta inmediata. • El operador de SCADA necesita comparar la lectura de la variable con el transmisor para verificar las condiciones en la Estación. • Se propone la instalación de transmisores de presión diferencial en los filtros, derivado del transmisor de presión a la salida de los filtros y en la entrada de la estación. 	
		Falla total.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor de presión no indica lectura de presión a la entrada de la Estación pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales antes de la entrada a la Estación y en la Estación. 	Funciona sin transmitir señal.	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal. • Indicador de presión local a la entrada de la Estación. • Transmisor de presión a la salida de los filtros • Transmisor de presión en succión de bomba . 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener en stock partes de repuesto necesarias y suficientes en un almacén para respuesta inmediata. El operador necesita determinar cuál es la causa de la falla. Contactar al operador de la estación para verificar las condiciones reales del transmisor de presión.

TESIS CON
 APTA DE ORIGEN

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE SUCCIÓN PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

3	Sistema de ruptura de línea a la entrada de la estación. XS-105E	Falsa señal por baja presión.	<ul style="list-style-type: none"> • Cierre de válvula por falsa señal del interruptor. • Se presentan alarmas por baja presión. • El operador observa una caída de presión y disminución de flujo dentro de la Estación. • Represionamiento de línea corriente arriba de la Estación. • Paro de estación. • Suspensión temporal de suministro de gas LP al sistema. 	Crítica	<ul style="list-style-type: none"> • Represionamiento de línea corriente arriba de la Estación. • Paro de estación. • Suspensión temporal de suministro de gas LP al sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisor de presión a la entrada de la Estación • Alarma por Baja Presión a entrada de la Estación. • Indicador de presión local a la entrada de la Estación. • Transmisor de presión a la salida de los filtros. • Transmisor de presión en succión de bomba. 	OPERACIÓN NORMAL IA OPERACIÓN ANORMAL IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y 4	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener en stock partes de repuesto necesarias y suficientes en un almacén de respuesta inmediata. • Contactar al operador de estación para verificar las condiciones reales del transmisor de presión.
		Falta total	<ul style="list-style-type: none"> • No esta disponible cuando sea requerido 	En caso de presentarse una anomalía, el paro de Estación se dará por medio del Transmisor de Presión ubicado a la entrada de la Estación.	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisor de presión a la entrada de la Estación. • Alarma por Baja Presión en la entrada de la Estación. • Indicador de presión local a la entrada de la Estación. • Paro de Estación Asegurado. • Transmisor de presión a la salida de los filtros • Transmisor de presión en succión de bomba . 	<ul style="list-style-type: none"> • Tener un procedimiento para el operador de SCADA en caso que se presente una Condición Anormal. • Mantener en stock partes de repuesto necesarias y suficientes en un almacén de respuesta inmediata. • Contactar al operador de campo para verificar las condiciones actuales del transmisor de presión. 	

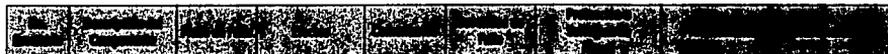
TRUCIS CON
 PART A PART
 NE

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE SUCCIÓN PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



FALTA DE
 MANTENIMIENTO

		Pérdida del suministro eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> La válvula quedará en su última posición (abierta) 	Se cuenta con banco de baterías (sistema UPS).	Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión a la entrada de la estación Indicador de presión local a la entrada de estación (en caso de estar tripulada la estación). Transmisor de presión en cabezal de succión (después de los filtros). Transmisor de presión en succión de bombe. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 Y 5 IIC1 IIE1 y 2	
		Error en configuración de tarjeta al realizar mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> Si el torque es insuficiente, la válvula queda parcialmente abierta Si el torque es demasiado, en la válvula puede haber daños considerables. Retrazo para poner en operación a la estación. Suspensión temporal de suministro de gas LP al sistema. 		Critica Si el torque es demasiado, en la válvula puede haber daños considerables. Suspensión temporal de suministro de gas LP al sistema.			No exponer a estropear a la válvula.
4	Válvula de entrada a la Estación. EOV-101	Fuga Externa	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA ve reflejada una caída de presión dentro de la Estación. Liberación de producto a la atmósfera con posible formación de nube explosiva. 		Critica Liberación de producto a la atmósfera con posible formación de nube explosiva.	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de Presión a la salida de los filtros Transmisor de presión en el cabezal de succión a bombas 	OPERACIÓN ANORMAL IIA2, 4 Y 5 IIB IIE1, 2 Y 3 IIC OPERACIÓN DE EMERGENCIA III A-G	Implementar las instrucciones para detectar fugas en válvulas.

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE SUCCIÓN PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Efecto	Causa	Efecto	Causa	Efecto	Causa	Efecto	Causa
--------	-------	--------	-------	--------	-------	--------	-------

Falla al Cerrar Remotamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de respuesta inmediata de paro de Estación ante una contingencia. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptor de posición de la válvula. • Cierre de la válvula de forma manual. 	OPERACIÓN ANORMAL	
Falla al Abrir Remotamente.	<ul style="list-style-type: none"> • No hay flujo en la Estación. • Paro de Estación. • Represionamiento en la entrada de la Estación. • Suspensión de suministro de gas LP al sistema. 	Normalmente se encuentra abierta	Inopiente	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptor de posición de la válvula. • Apertura de la válvula de forma manual (en caso de encontrarse tripulada la estación). 	IIA3 y 5 IIIB IIIC	
Indicación errónea del estado de posición de la válvula.	<ul style="list-style-type: none"> • El operador observa la señal de la válvula en transición (inicialmente) y la posición de la válvula es errónea. (Se muestra en la pantalla la válvula en color ámbar). • Alarma por falsa señal de posición de válvula. • El operador de SCADA observa condiciones normales en la entrada de la Estación y en la Estación. 		Inopiente El operador de SCADA observa condiciones normales en la entrada de la Estación y en la Estación.	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de válvula fuera de posición. • Alarma por falla de señal de posición de la válvula. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC IIE1 y 2	El operador de SCADA notifica al operador de campo que verifique las condiciones actuales del interruptor de la válvula.

TESIS CON
 FUENTE DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE SUCCIÓN PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRÁ EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Identificación del Evento		Causas		Efectos		Consecuencias	
		Fuga Interna	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de producto en la línea, en caso de que se requiera cero presión. El operador de SCADA verificará las condiciones del transmisor de presión en la salida de los filtros. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión a la salida de los filtros Alarma de válvula no completamente cerrada. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA2 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2
		Cierre imprevisto.	<ul style="list-style-type: none"> Disminución de flujo en la Estación. Paro de Estación por válvula cerrada más del 80% cerrada mientras se bombea. Se presenta condición anormal del sistema (presurización) antes de la válvula. Disminución de suministro de gas LP al sistema. 	Si se está realizando mantenimiento al interruptor de presión debe de cerrarse que no quede despresurizada la toma.	Crítica	<ul style="list-style-type: none"> Paro de Unidad por bajo presión de succión. Indicación de válvula en transición. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA1, 2 y 5 IIB IIC2 y 4 IID IIE1 y 2
		Falla de suministro eléctrico para el actuador.	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida de control remoto de la válvula. 	La válvula queda en la última posición.	Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Cierre de la válvula de forma manual. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIC1 IIE1 y 2
5	Botón de paro de Estación en área de filtros. XS1-005	No hay respuesta de acción.	<ul style="list-style-type: none"> Falta de respuesta inmediata a un paro de Estación ante una contingencia. 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Botón de Paro Asegurado de Estación ubicado en el PLC de Estación. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA IIB IIC1 IIE1 y 2
							<ul style="list-style-type: none"> Habilitar una alarma por alta presión de succión en el transmisor de presión a la entrada de la Estación (PT-102). Se recomienda que la válvula a la entrada de la estación tenga actuador hidroneumático.

FALLA EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE SUCCIÓN PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRÁ EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

6	<p>Interruptor de temperatura del cabezal de succión de Estación.</p> <p style="text-align: center;">TE-101</p>	<p>Falsa señal por alta temperatura.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por alta temperatura • Paro Asegurado de Estación por muy alta temperatura. • Suspensión temporal de suministro de gas LP al sistema. 	<p>Crítica</p> <p>Paro Asegurado de Estación por muy alta temperatura.</p> <p>Suspensión temporal de suministro de gas LP al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por alta temperatura. • Paro Asegurado de Estación por muy alta temperatura. • Alarma por falla de señal. • Transmisor de temperatura en la succión de la bomba . 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p style="text-align: center;">IIA5 IIIE1 y 2</p>	<p>Configuración de alarma</p>
		<p>Falle total</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no observa lectura de temperatura en el cabezal de succión pero aprecia condiciones normales en la Estación. 	<p>Degenerativa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal. • Transmisor de temperatura en la succión de la bomba . 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p style="text-align: center;">IIA5 IIB IIIE1 y 2</p>	<p>Configuración de un permiso de paro con el TE-130</p>
7	<p>Transmisor de Presión en el cabezal principal de succión ala salida de filtros.</p> <p style="text-align: center;">PT-105</p>	<p>Falsa señal por baja presión.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor indica baja presión en cabezal de succión de la Estación pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales antes del cabezal de succión de la Estación y en la Estación. • Se presenta alarma por baja presión. 	<p>Degenerativa</p> <p>El transmisor indica baja presión en cabezal de succión de la Estación pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales antes del cabezal de succión de la Estación y en la Estación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por baja presión. • Transmisor de presión en succión de bomba . • Alarma por baja presión en succión a la bomba. • Alarma por falla de señal. 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p style="text-align: center;">IIA5 IIIE1 y 2</p>	<p>Configuración de presión diferencial entre el transmisor de presión PT-102 y PT-105</p>

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE SUCCIÓN PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



	<ul style="list-style-type: none"> Falsa señal por alta presión. 	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor de presión indica alta presión en el cabezal de succión de la Estación pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales corriente arriba de la Estación y en la Estación. 	<p>De acuerdo a los planos de lazos de entradas/salidas S, generados por SAINCO, se tiene una alarma por alta presión a la succión de la Estación.</p>	<p>Incidente</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal. Indicador de presión local a la entrada de la Estación (en caso de encontrarse tripulada la estación). Transmisor de presión en succión de bomba (solo indicación). 	<p>OPERACIÓN NORMAL IA</p> <p>OPERACIÓN ANORMAL IIA4 y 5 IIB IIC1 IIE1,2 y 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> Mantener en stock partes de repuesto necesarias y suficientes recomendadas por el fabricante en un almacén de respuesta inmediata.
	<p>Falla total.</p>	<ul style="list-style-type: none"> No hay indicación del transmisor de presión del cabezal de succión de Estación pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales a la entrada de la Estación y en la Estación. Alarma por falla de señal 		<p>Degenerativa</p> <p>Alarma por falla de señal</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal. Transmisor de presión en succión de bomba. 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2</p>	

TESIS CON
 DATOS DE ORIGEN

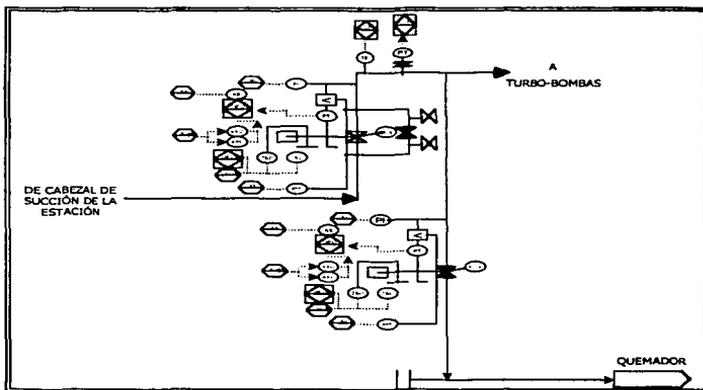
2. Cabezales de Succión de Turbo-bombas

Cuenta con dos transmisores de presión ubicado un antes y otro después de la válvula motorizada; dos válvulas motorizadas una ubicada en el cabezal de succión de la bomba y la otra hacia el quemador; un elemento de temperatura

Los elementos que se encuentran ligados al sistema SCADA de este subsistema son:

- Transmisor de presión antes de la válvula EO-V-102 (PT-105)
- Válvula de succión de la tubo-bomba (EOV-102)
- Elemento de temperatura (TE-130)
- Transmisor de presión después de la válvula EO-V-102 (PT-107)
- Válvula a quemador de la unidad 1 (EOV-107)

Dado que para ambas turbo-bombas se cuenta con el mismo equipo y en la operación normal de la estación solo opera una bomba y la otra es de relevo, solo se analizará un solo equipo.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INDICE DE COMPONENTES

CABEZALES DE SUCCIÓN DE TURBO-BOMBAS *
BC-01 y BC-02

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	SERVICIO	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO	SEÑAL EN mm	FUNCIÓN	ALARMA Y/O PARO	PUNTO DE AJUSTE
EOV-102104	Válvula de bloqueo en cabezal de succión de la bomba 1/2	Válvula de succión de bomba BC-01/02	E-B-DT1s-01/02	EOV-102104	Bloqueo del gas LP en el cabezal de succión de cada bomba	—	—
ZI-102A104	Indicación válvula EOV-102104 en transición (posición)	Indicación válvula EOV-102104 en transición (posición)	E-B-DT1s-01/02	0102-ZI-102A104	Indicación de la válvula en transición	—	—
ZIO-102A104	Indicación válvula EOV-102104 abierta	Indicación válvula EOV-102104 abierta	E-B-DT1s-01/02	0102-ZIO-102A104	Permiso Indicación de válvula abierta	—	—
ZIC-102A104	Indicación válvula EOV-102104 cerrada	Indicación válvula EOV-102104 cerrada	E-B-DT1s-01/02	0102-ZIC-102A104	Indicación de válvula cerrada	• Alarma válvula de succión cerrada	—
XA-102A104	Orden de Detener válvula EOV-102104	Orden de Detener válvula EOV-102104	E-B-DT1s-01/02	0102-XA-102A104	Orden par detener válvula	—	—
XAO-102A104	Orden de Abrir válvula EOV-102104	Orden de Abrir válvula EOV-102104	E-B-DT1s-01/02	0102-XAO-102A104	Orden para abrir válvula	—	—
XAC-102A104	Orden de Cerrar válvula EOV-102104	Orden de Cerrar válvula EOV-102104	E-B-DT1s-01/02	0102-XAC-102A104	Orden para cerrar válvula	—	—
HS-102A104A	Indicación válvula EOV-102104 en control local	Indicación válvula EOV-102104 en control local	E-B-DT1s-01/02	0102-HS-102A104	Indicación de válvula en control local	—	—
HS-102104	Control Local	Control Local	E-B-DT1s-01/02	0102-HS-102104	Control local	• Alarma válvula de succión en control local	—
ZSC-102104	Válvula EOV-102104, cerrada	Válvula EOV-102104, cerrada	E-B-DT1s-01/02	0102-ZSC-102104	Interruptor para cerrar válvula	• Alarma de válvula no completamente cerrada	—
ZSO-102104	Válvula EOV-102104, abierta	Válvula EOV-102104, abierta	E-B-DT1s-01/02	0102-ZSO-102104	Interruptor par abrir válvula	• Alarma de válvula Fuera de Posición	—
ZI-102104	Posición válvula EOV-102104	Posición válvula EOV-102104	E-B-DT1s-01/02	0102-ZI-102104	Posición de la válvula	• Alarma por F8 de posición de válvula • SSOL válvula cerrada mas del 80% mientras se bombea	—
XAC-102104	Orden de Cerrar válvula EOV-102104	Orden de Cerrar válvula EOV-102104	E-B-DT1s-01/02	0102-XAC-102104	Orden para cerrar válvula	—	—
XAO-102104	Orden de Abrir válvula EOV-102104	Orden de Abrir válvula EOV-102104	E-B-DT1s-01/02	0102-XAO-102104	Orden para abrir válvula	—	—
XA-102104	Orden de Detener válvula EOV-102104	Orden de Detener válvula EOV-102104	E-B-DT1s-01/02	0102-XA-102104	Orden par detener válvula	—	—
TE-130132	Temperatura de succión de la bomba	Temperatura de succión en BC-01/02	E-B-DT1s-01/02	0102-TE-130132	Indicación de temperatura en el cabezal de succión de la bomba	• Alarma por AT • Alarma por FS • USDL por muy AT	>70 <30 or >45°C >100
PT-107110	Transmisor de presión en el cabezal de succión de la bomba	Presión de succión en BC-01/02	E-B-DT1s-01/02	0102-PT-107110	Indicación de la temperatura en el cabezal de succión de la bomba	• Alarma por BP • Alarma por FS • SSOL por muy BP	14 Kg/cm ² <2 or >22 mA 13 Kg/cm ²
EOV-107108	Válvula de bloqueo al quemador	A quemador de Unidad 1/2	E-B-DT1s-01/02	0102-EOV-107108	Bloqueo de gas LP hacia el quemador	—	—

TESIS CON
 FALLA DE ENTREN

Z-107A108A	Indicación válvula EOV-107/108 en transición (posición)	Indicación válvula EOV-107/108 en transición (posición)	E-B-DTTs-0102	0102-Z-107A108A	Indicación de válvula en transición	—	—
ZC-107A108A	Indicación válvula EOV-107/108 abierta	Indicación válvula EOV-107/108 abierta	E-B-DTTs-0102	0102-ZC-107A108A	Indicación de válvula abierta	—	—
ZC-107A108A	Indicación válvula EOV-107/108 cerrada	Indicación válvula EOV-107/108 cerrada	E-B-DTTs-0102	0102-ZC-107A108A	Permiso Indicación de válvula cerrada	—	—
XA-107A108A	Orden de Detener válvula EOV-107/108	Orden de Detener válvula EOV-107/108	E-B-DTTs-0102	0102-XA-107A108A	Orden para detener la válvula	—	—
XAO-107A108A	Orden de Abrir válvula EOV-107/108	Orden de Abrir válvula EOV-107/108	E-B-DTTs-0102	0102-XAO-107A108A	Orden para abrir la válvula	—	—
XAC-107A108A	Orden de Cerrar válvula EOV-107/108	Orden de Cerrar válvula EOV-107/108	E-B-DTTs-0102	0102-XAC-107A108A	Orden para cerrar la válvula	—	—
HS-107A108A	Indicación válvula EOV-107/108 en control local	Indicación válvula EOV-107/108 en control local	E-B-DTTs-0102	0102-HS-107A108A	Indicación de válvula en control local	—	—
HS-107/108	Control Local	Control Local	E-B-DTTs-0102	0102-HS-107/108	Control local	• Alarma en válvula si quedara en control local	—
ZSC-107/108	Válvula EOV-107/108, cerrada	Válvula EOV-107/108, cerrada	E-B-DTTs-0102	0102-ZSC-107/108	Interruptor para cerrar la válvula	• Alarma de válvula si quedara no completamente cerrada	—
ZSC-107/108	Válvula EOV-107/108, abierta	Válvula EOV-107/108, abierta	E-B-DTTs-0102	0102-ZSC-107/108	Interruptor para abrir la válvula	• Alarma de válvula fuera de posición	—
ZT-107/108	Posición válvula EOV-107/108	Posición válvula EOV-107/108	E-B-DTTs-0102	0102-ZT-107/108	Posición de la válvula	—	—
XAC-107/108	Orden de Cerrar válvula EOV-107/108	Orden de Cerrar válvula EOV-107/108	E-B-DTTs-0102	0102-XAC-107/108	Orden para cerrar válvula	—	—
XAO-107/108	Orden de Abrir válvula EOV-107/108	Orden de Abrir válvula EOV-107/108	E-B-DTTs-0102	0102-XAO-107/108	Orden para abrir válvula	—	—
XA-107/108	Orden de Detener válvula EOV-107/108	Orden de Detener válvula EOV-107/108	E-B-DTTs-0102	0102-XA-107/108	Orden para detener la válvula	—	—
XSI-003	Botón de paro de estación, bombas	Paro de Unidad asegurado desde botón	E-B-DTTs-01	00-XSI-003	Paro de estación en el área de bombas	—	—

TESTS COMPLETED
 FALL 1978
 W. J. COHEN

HOJA DE TABULACIÓN DE MFEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZALES DE SUCCIÓN DE TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Nota: Los cabezales de succión de las bombas cuentan con instrumentación similar, por ello solo se analizará un cabezal

Código	Descripción	Causa	Efecto	Consecuencia	Impacto en la FMEA	Precedencia de Mantenimiento
--------	-------------	-------	--------	--------------	--------------------	------------------------------

8	Válvula a la succión de bomba. EDV-102/104	Fuga Externa	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA ve reflejada una caída de presión dentro de la Estación. • Liberación de producto a la atmósfera con posible formación de nube explosiva. • Paro de la unidad de bombeo. • Suspensión temporal del suministro de gas LP al sistema. 	Crítica Liberación de producto a la atmósfera con posible formación de nube explosiva. Paro de la unidad de bombeo. Suspensión temporal del suministro al sistema	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisor de presión a la salida de los filtros • Transmisor de presión en succión de bomba • Alarma por baja presión derivada del transmisor de presión después de la válvula. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA2, 4 y 5 IIB IIC4 IIE1, 2 y 4 OPERACIÓN DE EMERGENCIA III A III C III E	<ul style="list-style-type: none"> • Se recomienda que el actuador de la válvula a la succión de la bomba sea acorde a las condiciones actuales de la válvula
	Falla al Cerrar Remotamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de respuesta inmediata a un paro de Estación ante una contingencia. 	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptor de posición de la válvula. • Cierre de la válvula de forma manual. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIB IIIC	OPERACIÓN ANORMAL	OPERACIÓN ANORMAL
	Falla al Abrir Remotamente.	<ul style="list-style-type: none"> • Paro de Unidad. • Represionamiento del cabezal de succión de la Estación. • Suspensión temporal de suministro al sistema. 	Crítica Paro de Unidad. Represionamiento del cabezal de succión de la Estación. Suspensión temporal de suministro al sistema.	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptor de posición de la válvula. • Apertura de la válvula de forma manual. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA5 IIB IID IIE1 y 2	OPERACIÓN ANORMAL	<ul style="list-style-type: none"> • El operador del COP notifica al operador de estación que verifique las condiciones actuales del interruptor de la válvula de la succión de la bomba.
	Indicación errónea del estado de posición de la válvula.	<ul style="list-style-type: none"> • El operador observa la señal de la válvula en transición (inicialmente) y la posición de la válvula es errónea. 	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de válvula fuera de posición. • Alarma por falla de señal de posición de la válvula. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA5 IIB IID IIE1 y 2	OPERACIÓN ANORMAL	OPERACIÓN ANORMAL

TESIS CON
DE CORTINA

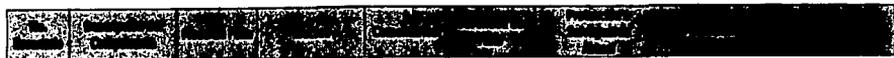
HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZALES DE SUCCIÓN DE TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Nota: Las cabezales de succión de las bombas cuentan con instrumentación similar, por ello solo se analizará un cabezal



<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; transform: rotate(-90deg); display: inline-block;"> FALTA DE CONTROL FALTA DE CONTROL </div>		Fuga Interna	<ul style="list-style-type: none"> Presencia de producto en la línea, en caso de que se requiera cero presión. 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión en succión de bomba. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA2 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> El operador del CCP verificará las condiciones del transmisor de presión a la succión de la bomba.
		Cierre imprevisto.	<ul style="list-style-type: none"> Paro de Unidad. Se presenta condición anormal del sistema (presurización) antes de la válvula. Suspensión temporal de suministro al sistema de gas LP. 		Crítica Paro de Unidad. Suspensión temporal de suministro al sistema de gas LP.	<ul style="list-style-type: none"> Paro de Unidad por baja presión de succión. Indicación de válvula en transición. Indicación de válvula cerrada 	OPERACIÓN ANORMAL IIA1, 2 y 5 IIB IIC2 y 4 IID IIE1 y 2	
		Falla de suministro eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida de control remoto de la válvula. 	La válvula queda en la última posición. Puede dañarse la tarjeta y enviar una señal de cierre del mas del 80% de la válvula y se genera un paro de unidad	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Cierre de la válvula de forma manual. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIC IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> Se recomienda que el actuador de la válvula sea acorde a las condiciones actuales de la válvula.
9	Transmisor de temperatura en la succión de la bomba. TE-130/132	Falsa señal de alta temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> Paro de unidad de bombeo. Alarma por alta temperatura de succión a la bomba. 		Crítica Paro de unidad de bombeo.	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta temperatura. Paro de unidad por muy alta temperatura de succión de la bomba. Alarma por falla de señal en la unidad. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2	

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZALES DE SUCCIÓN DE TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Nota: Las cabezales de succión de las bombas cuentan con instrumentación similar, por ello solo se analizara un cabezal



		Falla total.	<ul style="list-style-type: none"> El operador del CCPno observa lectura de temperatura en el cabezal de succión pero aprecia condiciones normales en la Estación. 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal. Transmisor de temperatura en la descarga de la bomba. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2
10	Transmisor de presión en la succión de la bomba. PI-107/110	Falsa señal por alta presión.	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor de presión indica alta presión en cabezal de succión de la bomba pero, el operador aprecia condiciones normales antes del cabezal de succión de la bomba y en el resto de la Estación. 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA5 IIE1 y 2
		Falsa señal por baja presión.	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor de presión indica baja presión en cabezal de succión de la bomba pero, el operador aprecia condiciones normales antes del cabezal de succión de la bomba y en la Estación. 		Crítica	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal. Alarma por baja presión. Paro de unidad por muy baja presión. 	
		Falla total.	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor de presión del cabezal de succión de la bomba no indica lectura, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la succión de la bomba y en la estación. 		Crítica	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2

FALLA DE ORIGEN
 P. 107/110

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZALES DE SUCCIÓN DE TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Nota: Los cabezales de succión de las bombas cuentan con instrumentación similar, por ello solo se analizará un cabezal

11	Válvula hacia quemador EOV-107/108	Fuga Externa.	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA ve reflejada una caída de presión dentro de la Estación. Liberación de producto a la atmósfera con posible formación de nube explosiva. 	Crítica	Liberación de producto a la atmósfera con posible formación de nube explosiva.	<ul style="list-style-type: none"> No se presentan salvaguardas 	OPERACIÓN ANORMAL	<p style="text-align: center;">IIA2,4 y 5 IIB IIE1,2 y 4</p> <p style="text-align: center;">OPERACIÓN EN EMERGENCIAS</p> <p style="text-align: center;">IIIC</p>	<ul style="list-style-type: none"> Se recomienda que la válvula de desfogue del cabezal del quemador tenga actuador hidroneumático.
		Falla al Cerrar Remotamente.	<ul style="list-style-type: none"> Continuación de desfogue del producto. Pérdida de presión en el cabezal de succión de la bomba. Cierre manual. 	Crítica	Continuación de desfogue del producto.	<ul style="list-style-type: none"> Lámpara de válvula al quemador abierta. Alarma de válvula fuera de posición. 	OPERACIÓN ANORMAL	<p style="text-align: center;">IIA3 y 5</p> <p style="text-align: center;">OPERACIÓN EN EMERGENCIAS</p> <p style="text-align: center;">IIIB IIIC</p>	
		Falla al Abrir Remotamente.	<ul style="list-style-type: none"> Empacamiento de la línea. Manualmente abrir la válvula 	Degenerativa		<ul style="list-style-type: none"> Alarma de válvula fuera de posición. 			
		Fuga Interna.	<ul style="list-style-type: none"> Continuación de desfogue del producto. Pérdida de presión en el cabezal de succión de la bomba. 	Incipiente		<ul style="list-style-type: none"> No presenta salvaguardas 	OPERACIÓN ANORMAL	<p style="text-align: center;">IIA2 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> El operador del COP verificará las condiciones del transmisor de presión a la succión de la bomba.
		Apertura Imprevista.	<ul style="list-style-type: none"> Se presenta condición anormal del sistema (despresurización) en línea de succión de la bomba. Pérdida de producto. 	Crítica		<ul style="list-style-type: none"> Paro de unidad por baja presión de succión. Indicación de apertura de válvula. Alarma de válvula al quemador fuera de posición. 	OPERACIÓN ANORMAL	<p style="text-align: center;">IIA1,2 y 5 IIB IIC2 y 4 IID IIE1 y 2</p>	

LEIDA POR
FALLA DE FUGA
INTERNA

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZALES DE SUCCIÓN DE TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Nota: Las cabezales de succión de las bombas cuentan con instrumentación similar, por ello solo se analizara un cabezal

		Indicación errónea de posición de válvula.	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa la señal de la válvula en transición (inicialmente) y la posición de la válvula es errónea. 	Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Lámpara de válvula en movimiento. Alarma de válvula fuera de posición. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA5 IIB IID IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> El operador del CQ notifica al operador de estación que verifique las condiciones actuales del interruptor de la válvula de desfogue y aplique las acciones correctivas.
		Falla de suministro eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida de control remoto de la válvula. 	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> La válvula queda en la última posición. Cierre o apertura de la válvula en forma manual. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIC IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> Se recomienda que el actuador de la válvula sea acorde a las condiciones actuales de la válvula
12	Botón de paro de estación, bombas XSI-003	No hay respuesta de acción	<ul style="list-style-type: none"> Falta de respuesta inmediata a un paro de unidad ante una contingencia. 	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Botón de paro de unidad en panel de estación Paro de Estación en la salida de la estación. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIE-1,2 OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIB IIIC	<ul style="list-style-type: none">

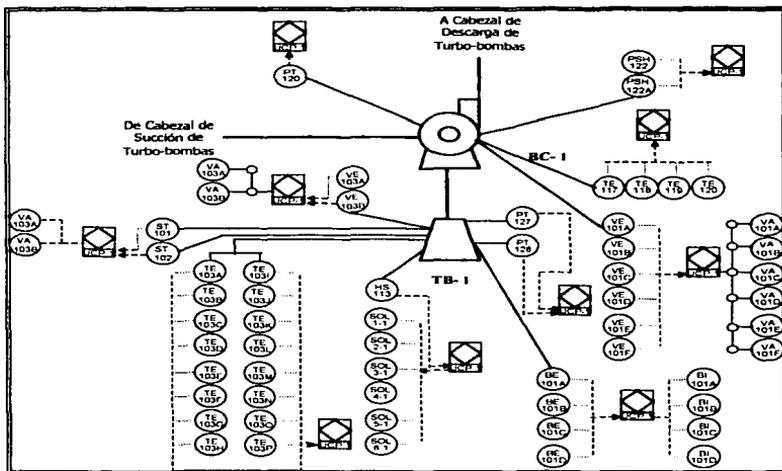
TESIS CON
 FALLA EN CORTEN

3. Turbo-bombas

La bomba es centrífuga marca Byron-Jackson (mod. F-10 x 13 DVS 1P), equipo mecánico impulsado, destinado a incrementar presión y velocidad al fluido de gas L.P., con caudal continuo e intermitente, esta acoplado directamente a la turbina de gas que funge como elemento motriz.

Consta de un rodeté impulsor centrífugo con aspiración lateral, flecha, anillos de desgaste, cojinetes, sellos mecánicos tipo tandem, dispositivos de lubricación, sensores de vibración, protecciones de temperatura y presión de aceite lubricante, así como un sistema de enfriamiento a sellos. Tienen la particularidad de contener dos sellos, este avanzado sistema de cierre equilibrado amplía la capacidad de trabajo del sello en sí, al contar con un sello primario de trabajo y otro secundario de sellado que en conjunto ofrecen una protección eficaz.

La turbina de Gas Marca Ruston (Mod. TB-5000) es una máquina rotatoria de combustión interna que utiliza gas natural como combustible de flujo continuo; consta de un compresor axial de aire, cuatro cámaras de combustión, una turbina de potencia y dispositivos auxiliares de lubricación, regulación de la velocidad, alimentación de combustible puesta en marcha y control operativo.



INDICE DE COMPONENTES TURBO-BOMBAS

IDENTIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	SERVICIO	DIAGRAMA ESQUEMÁTICO	SERIAL EN MM	FUNCIÓN	ALARMA Y/O PARO	PUNTO DE AJUSTE
VE-101A102A	Sensor de Vibración chumacera de bomba #1, desplazamiento X	Vibración en bomba BC-01BC-02	E-3-DTts-0102	0102-VE-101A102A	Indicación de vibración en bomba	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AV • Alarma de inhibición activada del MMI • Alarma por FS • USDL por muy AV 	<p>>3.5 m/s</p> <p><2 or >22mA >4.5 m/s</p>
VE-101B102B	Vibración chumacera # 1, desplazamiento Y	Vibración en bomba BC-01BC-02	E-8-DTts-0102	0102-VE-101B102	Indicación de vibración en bomba	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AV • Alarma de inhibición activada del MMI • Alarma por FS • USDL por muy AV 	<p>>3.5 m/s</p> <p><2 or >22mA >4.5 m/s</p>
VE-101C102C	Vibración chumacera # 2, desplazamiento X	Vibración en bomba BC-01BC-02	E-8-DTts-0102	0102-VE-101C102	Indicación de vibración en bomba	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AV • Alarma de inhibición activada del MMI • Alarma por FS • USDL por muy AV 	<p>>3.5 m/s</p> <p><2 or >22mA >4.5 m/s</p>
VE-101D102D	Vibración chumacera # 2, desplazamiento Y	Vibración en bomba BC-01BC-02	E-8-DTts-0102	0102-VE-101D102	Indicación de vibración en bomba	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AV • Alarma de inhibición activada del MMI • Alarma por FS • USDL por muy AV 	<p>>3.5 m/s</p> <p><2 or >22mA >4.5 m/s</p>
VE-101E102E	Vibración chumacera # 1, desplazamiento axial (eje bomba)	Vibración en bomba BC-01BC-02	E-8-DTts-0102	0102-VE-101E102	Indicación de vibración en bomba	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AV • Alarma de inhibición activada del MMI • Alarma por FS • USDL por muy AV 	<p>>10 m/s</p> <p><2 or >22mA >15 m/s</p>
VE-101F102F	Vibración chumacera # 2, desplazamiento axial (eje bomba)	Vibración en bomba BC-01BC-02	E-8-DTts-0102	0102-VE-101F102	Indicación de vibración en bomba	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AV • Alarma de inhibición activada del MMI • Alarma por FS • USDL por muy AV 	<p>>10 m/s</p> <p><2 or >22mA >15 m/s</p>
TE-117121	Sensor de Temperatura #1 en chumacera lado cople de la bomba	Temperatura chumacera lado cople BC-0102	E-8-DTts-0102	0102-TE-117121	Indicación de temperatura en bomba	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AT • Alarma por FS RTD • USDL por muy AT 	<p>>70</p> <p><-30or>425°C >80 °C</p>
TE-118122	Sensor de Temperatura #2 en chumacera lado libre de la bomba	Temperatura chumacera lado libre BC-0102	E-8-DTts-0102	0102-TE-118122	Indicación de temperatura en bomba	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AT • Alarma por FS RTD • USDL por muy AT 	<p>>70</p> <p><-30or>425°C >72 °C</p>
TE-119123	Sensor de Temperatura #3 en chumacera de empuje de la bomba	Temperatura chumacera de empuje BC-0102	E-8-DTts-0102	0102-TE119123	Indicación de temperatura en bomba	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AT • Alarma por FS RTD • USDL por muy AT 	<p>>70</p> <p><-30or>425°C >72 °C</p>
TE-120124	Sensor de Temperatura #4 en chumacera cuerpo de	Temperatura cuerpo de la bomba BC-0102	E-8-DTts-0102	0102-TE120124	Indicación de temperatura en bomba	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AT • Alarma por FS RTD 	<p>>58</p> <p><-30or>425°C</p>

TRODIS CORP
 PATENTED

	bomba					<ul style="list-style-type: none"> • USDL por muy AT • Alarma por falta de sello 	>66 °C
PSH-122/123	Interruptor por alta presión en el sello primario lado cople	Falta de sello primario lado cople (aceite entrador de rolling)	E-B-DTrs-0102	0102-PSH-122/123	Indicar alta presión en sello primario		—
PSH-122A/123A	Interruptor por alta presión de sello primario lado libre	Falta de sello primario lado libre (aceite entrador de rolling)	E-B-DTrs-0102	0102-PSH-122A/123A		<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla en sello primario de bombas lado libre. 	—
FV-145/146	Válvula de gas combustible Driver G33 a turbina	Válvula de gas combustible unidad 0102(TB-0102)	E-B-DTrs-03	0102-FV-145/146	Válvula para suministro de gas combustible a unidades (turbina)	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falta de señal de demanda posición manejeador G33 • Actuador apagado • Alarma por bajo voltaje fuente de poder • Alarma por alto voltaje fuente de poder • USDL fuel gas Actuador /Driver fault • USDL por muy bajo voltaje fuente de poder G33 • USDL por muy alto voltaje fuente de poder G33 • USDL driver despedido. 	<p>< 21 Vdc</p> <p>> 27 Vdc</p> <p>< 18 Vdc</p> <p>> 30 Vdc</p>
PDT-126/129	Transmisor de presión diferencial en filtros de aire de turbina	Presión diferencial en filtro de aire a TB-0102	E-B-DTrs-03	0102-PDT-126/129	Indicación de presión diferencial en filtros de aire en cada turbina	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AP diferencial • Alarma por FS • USDL por muy AP diferencial 	<p>> 4 "H₂O</p> <p><2 or >22 mA</p> <p>> 6 "H₂O</p>
TE-104A/110A	Sensor de temperatura #1 en filtros de aire	Temperatura # 1, después de filtro de aire	E-B-DTrs-03	0102-TE-104A/110A	Indicación de temperatura en filtros de aire	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AT • Alarma por FS • USDL por falta de ambos TCs 	<p>< 35</p> <p><30or>1550°C</p>
TE-104B/110B	Sensor de temperatura #2 en filtros de aire	Transmisor de temperatura #2 después del filtro de aire.	E-B-DTrs-03	0102-TE-104B/110B	Indicación de temperatura en filtros de aire	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AT • Alarma por FS • USDL por falta de ambos TCs 	<p>< 35</p> <p><30or>1550°C</p>
PT-127-132	Transmisor de presión de gas combustible de turbina	Presión gas combustible a TB-0102	E-B-DTrs-03	0102-PT-127-132	Permisivo (entre alarma de alta presión y alarma bajo presión)	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por BP de gas • Alarma por AP de gas • Alarma por FS • USDL por muy AP • USDL por muy BP 	<p><7 Kg/cm²</p> <p>>20 Kg/cm²</p> <p><2 or >22mA</p> <p><5 Kg/cm²</p> <p>> 25 Kg/cm²</p>
PT-128-133	Transmisor de presión del gas de arranque de turbina	Presión gas de arranque a TB-0102	E-B-DTrs-03	0102-PT-128-133	Permisivo Indicación de presión del gas de arranque	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por BP • Alarma por AP 	<p><7 Kg/cm²</p> <p>>20 Kg/cm²</p> <p><2 or > 22mA</p>

1. Solo con
 FALTA DE ALIMENTACION

TESIS CON
 LA DE CALIFICACIÓN

						<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por FS • USDL por muy AP • USDL por muy BP 	<5 Kg/cm ² >25 Kg/cm ²
HS-113213	Álabes variables	Guía de álabes variables completamente cerrado	E-B-DTI=03	0102-HS-113213	Permisivo Indicación de álabes completamente cerrados	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de álabes variables no abren 	—
SOL-1-1/2	Válvula solenoide de gas combustible de ignitores	Orden de Abrir válvula de ignición	E-B-DTI=03	0102-SOL-1-1/2	Válvula de suministro de gas combustible para ignitores	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por Bajo Voltaje fuente de poder solenoide. • Alarma por Alto Voltaje fuente de poder solenoide • Alarma negativo a tierra fuente de poder solenoide • Alarma positivo a tierra fuente de poder solenoide • USDL por muy Bajo Voltaje fuente de poder solenoide. • USDL por muy Alto Voltaje fuente de poder solenoide 	<p>< 21 Vdc</p> <p>> 27 Vdc</p> <p>< 10 Kohms</p> <p>< 10 Kohms</p> <p>< 18 Vdc</p> <p>> 30 Vdc</p>
SOL-2-1/2	Amanque de turbina	Orden de Amancar turbina	E-B-DTI=03	0102-SOL-2-1/2	Permisivo (debe estar en Hand/Auto) Orden por amancar turbina	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por Alto Voltaje en fuente de poder de solenoide • Alarma por Bajo Voltaje en fuente de poder de solenoide. • Alarma por FS de monitor de voltaje de fuente de poder de solenoide. • USDL por muy Bajo Voltaje fuente de poder solenoide • USDL por muy Alto Voltaje fuente de poder solenoide 	<p>> 27 Vdc</p> <p>< 21 Vdc</p> <p>< 2 or 22 mA</p> <p>< 18 Vdc</p> <p>> 30 Vdc</p>
SOL-3-1/2	Válvula solenoide #1 de derambo ventosa abierta de GG	Orden de Abrir válvula de derambo (ventosa de GG)	E-B-DTI=03	0102-SOL-3-1/2	Válvula de ventosa del GG	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por Alto Voltaje en fuente de poder de solenoide • Alarma por Bajo Voltaje en fuente de poder de solenoide. • Alarma por FS de 	<p>> 27 Vdc</p> <p>< 21 Vdc</p> <p>< 2 or 22 mA</p>

						monitor de voltaje de fuente de poder de solenoides • USDL por muy Bajo Voltaje fuente de poder solenoide. • USDL por muy Alto Voltaje fuente de poder solenoide	< 18 Vdc > 30 Vdc
SOL4-1/2	Valvula #2 de venteo abierta	Orden de Abrir valvula de desbordo (venteo de GG)	E-8-DTR-03	0102-SOL4-1/2	Valvula de venteo del GG	• Alarma por Alto Voltaje en fuente de poder de solenoides • Alarma por Bajo Voltaje en fuente de poder de solenoide. • Alarma por FS de monitor de voltaje de fuente de poder de solenoides. • USDL por muy Bajo Voltaje fuente de poder solenoide. • USDL por muy Alto Voltaje fuente de poder solenoide	> 27 Vdc < 21 Vdc < 2 or 22 mA < 18 Vdc > 30 Vdc
SOL5-1/2	Valvula de gas abierta	Orden de Abrir bloque de gas combustible	E-8-DTR-03	0102-SOL5-1/2	Valvula de suministro de gas combustible	• Alarma por Alto Voltaje en fuente de poder de solenoides • Alarma por Bajo Voltaje en fuente de poder de solenoide • Alarma por FS de monitor de voltaje de fuente de poder de solenoides • USDL por muy Bajo Voltaje fuente de poder solenoide. • USDL por muy Alto Voltaje fuente de poder solenoide	> 27 Vdc < 21 Vdc < 2 or 22 mA < 18 Vdc > 30 Vdc
SOL7-1/2	Valvula de corte rapido	Orden de Cerrar valvula de cierre rapido	E-8-DTR-03	0102-SOL7-1/2	Valvula de Cierre rapido	• Alarma por Alto Voltaje en fuente de poder de solenoides • Alarma por Bajo Voltaje en fuente de poder de solenoide	> 27 Vdc < 21 Vdc

TESTED
 FAIL AND
 REPAIR
 SIGN

153
 154
 155
 156
 157
 158
 159
 160
 161
 162
 163
 164
 165
 166
 167
 168
 169
 170
 171
 172
 173
 174
 175
 176
 177
 178
 179
 180
 181
 182
 183
 184
 185
 186
 187
 188
 189
 190
 191
 192
 193
 194
 195
 196
 197
 198
 199
 200
 201
 202
 203
 204
 205
 206
 207
 208
 209
 210
 211
 212
 213
 214
 215
 216
 217
 218
 219
 220
 221
 222
 223
 224
 225
 226
 227
 228
 229
 230
 231
 232
 233
 234
 235
 236
 237
 238
 239
 240
 241
 242
 243
 244
 245
 246
 247
 248
 249
 250
 251
 252
 253
 254
 255
 256
 257
 258
 259
 260
 261
 262
 263
 264
 265
 266
 267
 268
 269
 270
 271
 272
 273
 274
 275
 276
 277
 278
 279
 280
 281
 282
 283
 284
 285
 286
 287
 288
 289
 290
 291
 292
 293
 294
 295
 296
 297
 298
 299
 300
 301
 302
 303
 304
 305
 306
 307
 308
 309
 310
 311
 312
 313
 314
 315
 316
 317
 318
 319
 320
 321
 322
 323
 324
 325
 326
 327
 328
 329
 330
 331
 332
 333
 334
 335
 336
 337
 338
 339
 340
 341
 342
 343
 344
 345
 346
 347
 348
 349
 350
 351
 352
 353
 354
 355
 356
 357
 358
 359
 360
 361
 362
 363
 364
 365
 366
 367
 368
 369
 370
 371
 372
 373
 374
 375
 376
 377
 378
 379
 380
 381
 382
 383
 384
 385
 386
 387
 388
 389
 390
 391
 392
 393
 394
 395
 396
 397
 398
 399
 400
 401
 402
 403
 404
 405
 406
 407
 408
 409
 410
 411
 412
 413
 414
 415
 416
 417
 418
 419
 420
 421
 422
 423
 424
 425
 426
 427
 428
 429
 430
 431
 432
 433
 434
 435
 436
 437
 438
 439
 440
 441
 442
 443
 444
 445
 446
 447
 448
 449
 450
 451
 452
 453
 454
 455
 456
 457
 458
 459
 460
 461
 462
 463
 464
 465
 466
 467
 468
 469
 470
 471
 472
 473
 474
 475
 476
 477
 478
 479
 480
 481
 482
 483
 484
 485
 486
 487
 488
 489
 490
 491
 492
 493
 494
 495
 496
 497
 498
 499
 500
 501
 502
 503
 504
 505
 506
 507
 508
 509
 510
 511
 512
 513
 514
 515
 516
 517
 518
 519
 520
 521
 522
 523
 524
 525
 526
 527
 528
 529
 530
 531
 532
 533
 534
 535
 536
 537
 538
 539
 540
 541
 542
 543
 544
 545
 546
 547
 548
 549
 550
 551
 552
 553
 554
 555
 556
 557
 558
 559
 560
 561
 562
 563
 564
 565
 566
 567
 568
 569
 570
 571
 572
 573
 574
 575
 576
 577
 578
 579
 580
 581
 582
 583
 584
 585
 586
 587
 588
 589
 590
 591
 592
 593
 594
 595
 596
 597
 598
 599
 600
 601
 602
 603
 604
 605
 606
 607
 608
 609
 610
 611
 612
 613
 614
 615
 616
 617
 618
 619
 620
 621
 622
 623
 624
 625
 626
 627
 628
 629
 630
 631
 632
 633
 634
 635
 636
 637
 638
 639
 640
 641
 642
 643
 644
 645
 646
 647
 648
 649
 650
 651
 652
 653
 654
 655
 656
 657
 658
 659
 660
 661
 662
 663
 664
 665
 666
 667
 668
 669
 670
 671
 672
 673
 674
 675
 676
 677
 678
 679
 680
 681
 682
 683
 684
 685
 686
 687
 688
 689
 690
 691
 692
 693
 694
 695
 696
 697
 698
 699
 700
 701
 702
 703
 704
 705
 706
 707
 708
 709
 710
 711
 712
 713
 714
 715
 716
 717
 718
 719
 720
 721
 722
 723
 724
 725
 726
 727
 728
 729
 730
 731
 732
 733
 734
 735
 736
 737
 738
 739
 740
 741
 742
 743
 744
 745
 746
 747
 748
 749
 750
 751
 752
 753
 754
 755
 756
 757
 758
 759
 760
 761
 762
 763
 764
 765
 766
 767
 768
 769
 770
 771
 772
 773
 774
 775
 776
 777
 778
 779
 780
 781
 782
 783
 784
 785
 786
 787
 788
 789
 790
 791
 792
 793
 794
 795
 796
 797
 798
 799
 800
 801
 802
 803
 804
 805
 806
 807
 808
 809
 810
 811
 812
 813
 814
 815
 816
 817
 818
 819
 820
 821
 822
 823
 824
 825
 826
 827
 828
 829
 830
 831
 832
 833
 834
 835
 836
 837
 838
 839
 840
 841
 842
 843
 844
 845
 846
 847
 848
 849
 850
 851
 852
 853
 854
 855
 856
 857
 858
 859
 860
 861
 862
 863
 864
 865
 866
 867
 868
 869
 870
 871
 872
 873
 874
 875
 876
 877
 878
 879
 880
 881
 882
 883
 884
 885
 886
 887
 888
 889
 890
 891
 892
 893
 894
 895
 896
 897
 898
 899
 900
 901
 902
 903
 904
 905
 906
 907
 908
 909
 910
 911
 912
 913
 914
 915
 916
 917
 918
 919
 920
 921
 922
 923
 924
 925
 926
 927
 928
 929
 930
 931
 932
 933
 934
 935
 936
 937
 938
 939
 940
 941
 942
 943
 944
 945
 946
 947
 948
 949
 950
 951
 952
 953
 954
 955
 956
 957
 958
 959
 960
 961
 962
 963
 964
 965
 966
 967
 968
 969
 970
 971
 972
 973
 974
 975
 976
 977
 978
 979
 980
 981
 982
 983
 984
 985
 986
 987
 988
 989
 990
 991
 992
 993
 994
 995
 996
 997
 998
 999
 1000

						<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por FS de monitor de voltaje de fuente de poder de solenoides. • USDL por muy Bajo Voltage fuente de poder solenoides. • USDL por muy Alto Voltage fuente de poder solenoides. 	<p>< 22 mA</p> <p>< 18 Vdc</p> <p>> 30 Vdc</p>
BE-101A/102A	Detector de flama #1	Detección de flama TB-01/02	E-B-DTR-03	01/02-BE-101A/102A	Permisivo Detección de flama en quemadores	<ul style="list-style-type: none"> • Lámpara de detector de flama • Detector UV de flama piloto • USDL flama de piloto no encendió • USDL flama principal no encendió • USDL se extinguí la flama 	---
BE-101B/102B	Detector de flama #2	Detección de flama TB-01/02	E-B-DTR-03	01/02-BE-101B/102B	Permisivo Detección de flama en quemadores	<ul style="list-style-type: none"> • Lámpara de detector de flama. • Detector UV de flama piloto • USDL flama de piloto no encendió • USDL flama principal no encendió • USDL se extinguí la flama 	---
BE-101C/102C	Detector de flama #3	Detección de flama TB-01/02	E-B-DTR-03	01/02-BE-101C/102C	Permisivo Detección de flama en quemadores	<ul style="list-style-type: none"> • Lámpara de detector de flama. • Detector UV de flama piloto • USDL flama de piloto no encendió • USDL flama principal no encendió • USDL se extinguí la flama 	---
BE-101D/102D	Detector de flama #4	Detección de flama TB-01/02	E-B-DTR-03	01/02-BE-101D/102D	Permisivo Detección de flama en quemadores	<ul style="list-style-type: none"> • Lámpara de detector de flama • Detector UV de flama piloto • USDL flama de piloto no encendió • USDL flama principal no encendió 	---

PT-134/135	Transmisor de presión en (cabecera) de la turbina Manifold de gas combustible en la turbina	Gas combustible en cámara de combustión TB-01/02	E-B-DITr-03	01/02-PT-134/135	Transmisor de presión de Manifold de gas combustible	<ul style="list-style-type: none"> • USDL se extinguió la flama • Alarma por AP • Alarma por FS • USDL por muy AP 	<5 625 Kg/cm ² <2 or > 22mA >6 328 Kg/cm ²
PT-125/130	Transmisor de presión en la descarga del compresor axial en la turbina	Presión descarga compresor axial de TB-01/02	E-B-DITr-03	01/02-PT-125/130	Indicación de presión en la descarga del compresor axial en la turbina	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AP • Alarma por FS • USDL por muy AP 	> 80 psi <2 or > 22mA > 90 psi
ST-101/103	Sensor de velocidad en turbina de potencia	Velocidad en turbina de potencia	E-B-DITr-03	01/02-ST-101/103	Indicación de velocidad de turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de prueba de sobrevelocidad seleccionada en el MMI • Alarma de falla de sensor de velocidad PT • USDL por FS de velocidad • USDL PT bajo velocidad • USDL PT sobrevelocidad 	350-8000 RPM
ST-102/104	Sensor de velocidad del generador de gas	Velocidad en generador de gas	E-B-DITr-03	01/02-ST-102/104	Indicación de velocidad del generador de gas	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de sensor de velocidad GG • USDL GG FS de velocidad • USDL bajo aceleración GG • USDL sobrevelocidad • USDL muy baja velocidad de arrancador 	350-8000 RPM
TE-103A/109A	Sensor de temperatura #1 en turbina de potencia	Temperatura #1, salida TP (de TB-01/02)	E-B-DITr-03	01/02-TE-103A/109A	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma temporar de salida fuera de promedio • Alarma por falla del termopar • Alarma por FS 	<60>-60, <30>1550°C
TE-103B/109B	Sensor de temperatura #2 salida de la turbina de potencia	Temperatura #2, salida TP (de TB-01/02)	E-B-DITr-03	01/02-TE-103B/109B	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma temporar de salida fuera de promedio • Alarma por falla del termopar • Alarma por FS 	<60>-60, <30>1550°C
TE-103C/109C	Sensor de temperatura #3 salida de la turbina de potencia	Temperatura #3, salida TP (de TB-01/02)	E-B-DITr-03	01/02-TE-103C/109C	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma temporar de salida fuera de promedio • Alarma por falla del termopar 	<60>-60, <30>1550°C

TRECIS CON
 FALTA
 ORIGEN

PATENT
 TRADE MARK
 REGISTERED

TE-103D/109D	Sensor de temperatura #4 salida de la turbina de potencia	Temperatura #4, salida TP (de TB-0102)	E-B-DT1s-03	0102-TE-103D/109D	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por FS • Alarma tempor de salida fuera de promedio • Alarma por falla del termopar • Alarma por FS 	<30r>1550°C <60>-60, <30>1550°C
TE-103E/109E	Sensor de temperatura #5 salida de la turbina de potencia	Temperatura #5, salida TP (de TB-0102)	E-B-DT1s-03	0102-TE-103E/109E	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma tempor de salida fuera de promedio • Alarma por falla del termopar • Alarma por FS 	<30r>1550°C <60>-60, <30>1550°C
TE-103F/109F	Sensor de temperatura #6 salida de la turbina de potencia	Temperatura #6, salida TP (de TB-0102)	E-B-DT1s-03	0102-TE-103F/109F	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma tempor de salida fuera de promedio • Alarma por falla del termopar • Alarma por FS 	<30r>1550°C <60>-60, <30>1550°C
TE-103G/109G	Sensor de temperatura #7 salida de la turbina de potencia	Temperatura #7, salida TP (de TB-0102)	E-B-DT1s-03	0102-TE-103G/109G	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma tempor de salida fuera de promedio • Alarma por falla del termopar • Alarma por FS 	<30r>1550°C <60>-60, <30>1550°C
TE-103H/109H	Sensor de temperatura #8 salida de la turbina de potencia	Temperatura #8, salida TP (de TB-0102)	E-B-DT1s-03	0102-TE-103H/109H	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma tempor de salida fuera de promedio • Alarma por falla del termopar • Alarma por FS 	<30r>1550°C <60>-60, <30>1550°C
TE-103I/109I	Sensor de temperatura #9 salida de la turbina de potencia	Temperatura #9, salida TP (de TB-0102)	E-B-DT1s-03	0102-TE-103I/109I	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma tempor de salida fuera de promedio • Alarma por FS 	<30r>1550°C <60>-60, <30>1550°C
TE-103J/109J	Sensor de temperatura #10 salida de la turbina de potencia	Temperatura #10, salida TP (de TB-0102)	E-B-DT1s-03	0102-TE-103J/109J	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma tempor de salida fuera de promedio • Alarma por FS 	<30r>1550°C <60>-60, <30>1550°C
TE-103K/109K	Sensor de temperatura #11 salida de la turbina de potencia	Temperatura #11, salida TP (de TB-0102)	E-B-DT1s-03	0102-TE-103K/109K	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma tempor de salida fuera de promedio • Alarma por FS 	<30r>1550°C <60>-60, <30>1550°C
TE-103L/109L	Sensor de temperatura #12 salida de la turbina de potencia	Temperatura #12, salida TP (de TB-0102)	E-B-DT1s-03	0102-TE-103L/109L	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma tempor de salida fuera de promedio • Alarma por FS 	<30r>1550°C <60>-60, <30>1550°C

TE-103M109M	Sensor de temperatura #13 salida de la turbina de potencia	Temperatura #13, salida TP (de TB-01A02)	E-B-DT1+03	01A02-TE-103M109M	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> Alarma temporar de salida fuera de promedio Alarma por FS 	<p><-60>+60, <-30>1550°C</p>
TE-103N109N	Sensor de temperatura #14 salida de la turbina de potencia	Temperatura #14, salida TP (de TB-01A02)	E-B-DT1+03	01A02-TE-103N109N	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> Alarma temporar de salida fuera de promedio Alarma por FS 	<p><-60>+60, <-30>1550°C</p>
TE-103Y109Y	Sensor de temperatura #15 salida de la turbina de potencia	Temperatura #15, salida TP (de TB-01A02)	E-B-DT1+03	01A02-TE-103Y109Y	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> Alarma temporar de salida fuera de promedio Alarma por FS 	<p><-60>+60, <-30>1550°C</p>
TE-103P109P	Sensor de temperatura #16 salida de la turbina de potencia	Temperatura #16, salida TP (de TB-01A02)	E-B-DT1+03	01A02-TE-103P109P	Indicación de temperatura a la salida de la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> Alarma temporar de salida fuera de promedio Alarma por FS 	<p><-60>+60, <-30>1550°C</p>
TE-103A-PH09A-P	Sensores de temperatura que se encuentran a la salida de la turbina de potencia	Se activarán las alarmas en los casos mencionados	E-B-DT1+03	01A02-TE-103A-PH09A-P		<ul style="list-style-type: none"> Alarma por AT de operación Alarma por AT promedio de salida Alarma por alta desviación de temperatura de turbinas de salida. USDL fallaron dos turbinas adyacentes de salida de TP. USDL por muy alta desviación de temperatura en turbinas de salida USDL por muy AT promedio de salida de PT. USDL por muy AT de operación de turbina 	<p>> 480 °C</p> <p>> 100 °C</p> <p>> 600 °C</p> <p>> 510 °C</p>
VE-103A104A	Sensor de vibración en el generador de gases (sísmico 1)	Vibración en GG de TB-01A02 (sísmico 1)	E-B-DT1+03	01A02-VE-103A104A	Indicación de vibración en el generador de gases	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por AV Alarma por FS USDL por muy AV 	<p>>0.65 in/seg <2 or >22mA >4.5 in/seg</p>
VE-103B104B	Sensor de vibración en la turbina de potencia (sísmico 2)	Vibración en TP de TB-01A02 (sísmico 2)	E-B-DT1+03	01A02-VE-103B104B	Indicación de vibración en el generador de gases	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por AV Alarma por FS USDL por muy AV 	<p>>0.65 in/seg <2 or >22mA >4.5 in/seg</p>
PT-140141	Transmisor de presión del gas de escape de la turbina	Presión escape gases de combustión TB-01A02	E-B-DT1+03	01A02-PT-140141	Indicación de presión del gas de escape	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por FS EGT 	<p><2 or >22mA</p>
TE-103Q109Q	Transmisor de temperatura #1 del gas de escape de combustión	Temperatura escape gases de combustión en TB-01A02	E-B-DT1+03	01A02-TE-103Q109Q	Indicación de temperatura del gas de escape	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por fuera de promedio Alarma por FS 	<p><EGT -60, <-30>1550°C <-30or>1550°C</p>

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TE-103Q/109R	Transmisor de temperatura #2 del gas de escape	Temperatura escape gases de combustión en TB-0102	E-8-DIT#-03	0102-TE-103Q/109R	Indicación de temperatura del gas de escape	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por fuera de promedio • Alarma por FS 	<ul style="list-style-type: none"> • <EGT -60, <30>1550°C • <30>1550°C
TE-103Q-R/109Q-R	Transmisores de temperatura #1 y #2 del gas de escape	Temperatura escape gases de combustión en TB-0102	E-8-DIT#-03	0102-TE-103Q-R/109Q-R		<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por alta desviación de temperatura en transmisores de salida • USDL ambos transpases fallaron (EGT) 	> 50 °C
PT-136J137	Transmisor de presión en la alimentación de aceite de lubricación de la chumacera #1a en la turbina de potencia	Presión de alimentación del aceite de lubricación. A (chumacera #1a) PT en TB-0102	E-8-DIT#-03	0102-PT-136J137	Indicación de presión de alimentación del aceite de lubricación	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por BP • Alarma por FS • USDL por muy BP 	<ul style="list-style-type: none"> • < 40 psi • <2 or > 22mA • < 35 psi
PT-124J131	Transmisor de presión de aceite de lubricación al generador de gases de turbina	Presión de aceite de lubricación a todo flujo GG de TB-0102	E-8-DIT#-03	0102-PT-124J131	Indicación de presión de alimentación del aceite de lubricación	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por BP • Alarma por FS • USDL por muy BP 	<ul style="list-style-type: none"> • < 40 psi • <2 or > 22mA • < 35 psi
XS1-001	Botón de paro de estación, Unidad 1	Paro de Unidad asegurado desde botón (Unidad 1)	E-8-DIT#-03	00-XS1-001	Paro de unidad 1 asegurado	• Paro de estación	—
XS1-002	Botón de paro de estación, Unidad 2	Paro de Unidad asegurado desde botón (Unidad 2)	E-8-DIT#-03	00-XS1-002	Paro de unidad 2 asegurado	• Paro de estación	—
VS-110V	Vibración o paro del eritador del aceite de lubricación	Vibración o paro del eritador de aceite de lubricación	E-8-DIT#-03	0102-VS-110V	Vibración del eritador del aceite de lubricación	• Paro del eritador del aceite de lubricación	—
GB-200	Bomba auxiliar de aceite de lubricación		E-8-DIT#-03		Bombear aceite de lubricación		
XS1-200400	Bomba Auxiliar de aceite de Lub., Auto o Man.	Bomba Auxiliar de aceite de Lub., Auto o Man.	E-8-DIT#-03	0102-XS1-200400	Permiso	• Alarma no en Hand o Auto	—
XS2-200400	Bomba Auxiliar de aceite de Lub. Enc.	Bomba Auxiliar de aceite de Lub. Enc.	E-8-DIT#-03	0102-XS2-200400		<ul style="list-style-type: none"> • Alarma cambiar no cierre • Alarma cambiar no abre 	—
FHR-300400	Bomba Auxiliar de aceite de Lub. Arranque	Bomba Auxiliar de aceite de Lub. Arranque	E-8-DIT#-03	0102-FHR-300400	Bombear aceite de lubricación		—
GB-201	Bombas de emergencia de aceite de lubricación		E-8-DIT#-03		Bombear aceite de lubricación		
XS1-201401	En Bombas Emergencia de aceite de Lub., Auto	En Bombas Emergencia de aceite de Lub., Auto	E-8-DIT#-03	0102-XS1-201401	Permiso		
XS2-201401	En Bombas Emergencia de aceite de Lub., Manual	En Bombas Emergencia de aceite de Lub., Manual	E-8-DIT#-03	0102-XS2-201401	Permiso		
XS3-201401	En Bombas Emergencia de aceite de Lub. Enc.	En Bombas Emergencia de aceite de Lub. Enc.	E-8-DIT#-03	0102-XS3-201401		<ul style="list-style-type: none"> • Alarma no abrir • Alarma no cerrar 	
FHR-301401	Arranque de Bombas Emergencia de aceite de Lub.	Arranque de Bombas Emergencia de aceite de Lub.	E-8-DIT#-03	0102-FHR-301401			

TESIS CON
 FAI A DE
 EN

FAN-202/402	Ventilador en el extractor de aceite lubricante		E-B-DITr-03				
XSI-202/402	Vent. Del extractor de aceite, Auto o Manual	Vent. Del extractor de aceite, Auto o Manual.	E-B-DITr-03	0102-XSI-202/402		• Alarma no en Hand o Auto	---
XSI2-202/402	Vent. Del extractor de aceite, Encendido.	Vent. Del extractor de aceite, Encendido.	E-B-DITr-03	0102-XSI2-202/402		• Alarma de contactor abierto	
FNR-302/402	Vent. Del extractor de aceite, Arranque	Vent. Del extractor de aceite, Arranque	E-B-DITr-03	0102-FNR-302/402			
TE-115/116	Sensor de Temperatura del aceite lubricante	Temperatura del aceite lubricante	E-B-DITr-03	0102-TE-115/116	Indicador de temperatura del aceite lubricante		
TE-105/111	Sensor de Temperatura ambiente	Temperatura ambiente	E-B-DITr-03	0102-TE-105/111	Indicador de temperatura ambiente		
PT-120-121	Transmisor de presión de aceite de lubricación de la Chumacera de Bomba	Presión de alimentación del aceite lubricante en SC-01/02	E-B-DITr-0102	0102-PT-120/121	Indicación de presión de aceite de lubricación de la bomba	• Alarma por BP	<3 psi
HS-111/211	Botón de Puro de Unidad 0102	Puro de unidad 0102 en sitio	E-B-DITr-03	0102-HS-111/211	Puro de unidad en sitio		
HS-112/212	Botón de Prueba de Crank	Prueba de Crank	E-B-DITr-03	0102-HS-112/212	Prueba de giro (Crank)		

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

13	Sensor de Vibración chumacera #1, desplazamiento X VE-101A/102A	Falta señal por alta vibración.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor indica alta vibración en la unidad de bombeo, pero el operador aprecia condiciones normales de la unidad. Alarma por alta vibración. Paro de unidad por muy alta vibración. Suspensión temporal en suministro al sistema. 	<p style="text-align: center;">Crítica</p> <p>Paro de unidad por muy alta vibración.</p> <p>Suspensión temporal en suministro al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado cople Alarma por alta vibración en chumacera de bomba #1 desplazamiento X. Alarma por falla de señal. Paro de unidad por muy alta vibración. 	<p style="text-align: center;">OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA3 y 5 IIE1 y 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> El operador SCADA deberá notificar al operador de ESTACIÓN para que verifique las condiciones actuales del sensor y corrija la irregularidad.
		Falla total del sensor.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor de vibración no indica lectura de la variable, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la unidad de bombeo. Se presenta alarma por falla de señal. 	<p style="text-align: center;">Incipiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado cople. Alarma por falla de señal. 	<p style="text-align: center;">OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2</p>	
14	Sensor de Vibración chumacera #1, desplazamiento Y VE-101B/102B	Falla total del sensor.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor de vibración no indica lectura de la variable, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la unidad de bombeo. Se presenta alarma por falla de señal. 	<p style="text-align: center;">Incipiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado libre. Alarma por falla de señal. 	<p style="text-align: center;">OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> El operador SCADA deberá notificar al operador de ESTACIÓN para que verifique las condiciones actuales del sensor y corrija la irregularidad.

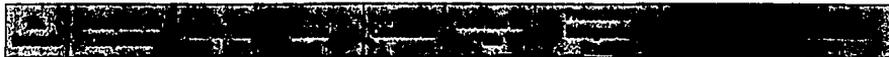
NE. ACCIONES
FALLA DE
SISEL

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



		Falsa señal por alta vibración	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor indica alta vibración en la unidad de bombeo, pero el operador aprecia condiciones normales de la unidad. • Se presenta alarma por alta vibración. • Paro de unidad por muy alta vibración. • Suspensión temporal en suministro al sistema. 	<p style="text-align: center;">Crítica</p> <p>Paro de unidad por muy alta vibración.</p> <p>Suspensión temporal en suministro al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado libre. • Alarma por falla de señal. • Paro de unidad por muy alta vibración. 		
15	Sensor de Vibración chumacera #2, desplazamiento X VE-101C/102C	Falsa señal por alta vibración.	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor indica alta vibración en la unidad de bombeo, pero el operador aprecia condiciones normales de la unidad. • Alarma por alta vibración. • Paro de unidad por muy alta vibración. • Suspensión temporal en suministro al sistema. 	<p style="text-align: center;">Crítica</p> <p>Paro de unidad por muy alta vibración.</p> <p>Suspensión temporal en suministro al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado cople • Alarma por falla de señal. • Paro de unidad por muy alta vibración. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIE1 y 2	El operador SCADA deberá notificar al operador de ESTACIÓN para que verifique las condiciones actuales del sensor y corrija la irregularidad.

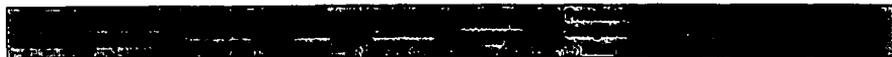
TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



		Falla total del sensor.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor de vibración no indica lectura de la variable, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la unidad de bombeo. Se presenta alarma por falla de señal. 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado cope Alarma por falla de señal. 	OPERACIÓN ANORMAL	<p>IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2</p>	
16	Sensor de Vibración chumacera #2, desplazamiento Y VE-101D/102D	Falsa señal por alta vibración.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor indica alta vibración en la unidad de bombeo, pero el operador aprecia condiciones normales de la unidad. Se presenta alarma por alta vibración. Paro de unidad por muy alta vibración. Suspensión temporal en suministro a clientes. 		Crítica Paro de unidad por muy alta vibración. Suspensión temporal en suministro al sistema.	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado libre Alarma por falla de señal. Paro de unidad por muy alta vibración. 	OPERACIÓN ANORMAL	<p>IIA3 y 5 IIE1 y 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> El operador SCADA deberá notificar al operador de ESTACIÓN para que verifique las condiciones actuales del sensor y corrija la irregularidad.
		Falla total del sensor.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor de vibración no indica lectura de la variable, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la unidad de bombeo. Se presenta alarma por falla de señal. 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado libre Alarma por falla de señal. 	OPERACIÓN ANORMAL	<p>IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2</p>	

FISIS CON
 FALLA EN ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

17	Sensor de Vibración chumacera #1 (desplazamiento axial (fecha bomba)) VE-101E/102E	Falsa señal por alta vibración.	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor indica alta vibración en la unidad de bombeo, pero el operador aprecia condiciones normales de la unidad. • Se presenta alarma por alta vibración. • Paro de unidad por muy alta vibración. • Suspensión temporal en suministro al sistema. 	Crítica Paro de unidad por muy alta vibración. Suspensión temporal en suministro al sistema.	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado libre • Alarma por falla de señal. • Paro de unidad por muy alta vibración. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> • El operador SCADA deberá notificar al operador de ESTACIÓN para que verifique las condiciones actuales del sensor y corrija la irregularidad.
		Falta total del sensor.	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor de vibración no indica lectura de la variable, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la unidad de bombeo. • Se presenta alarma por falla de señal. 	Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado libre • Alarma por falla de señal. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2	

LESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESTÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



18	Sensor de Vibración chumacera #2 desplazamiento axial (fecha bomba) VE-101F/102F	Falsa señal por alta vibración.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor indica alta vibración en la unidad de bombeo, pero el operador aprecia condiciones normales de la unidad. Se presenta alarma por alta vibración. Paro de unidad por muy alta vibración. Suspensión temporal en suministro al sistema. 	<p style="text-align: center;">Crítica</p> <p>Paro de unidad por muy alta vibración.</p> <p>Suspensión temporal en suministro al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado libre de señal. Alarma por falla de señal. Paro de unidad por muy alta vibración. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> El operador SCADA deberá notificar al operador de ESTACIÓN para que verifique las condiciones actuales del sensor y corrija la irregularidad.
		Falla total del sensor.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor de vibración no indica lectura de la variable, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la unidad de bombeo. Se presenta alarma por falla de señal. 	<p style="text-align: center;">Incipiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de Temperatura de aceite de lubricación de la Chumacera lado libre de señal. Alarma por falla de señal. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2	
9	Sensor de temperatura chumacera lado cople en bomba TE-117/121	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no observa lectura de temperatura en la unidad de bombeo pero aprecia condiciones normales de la unidad. El operador verifica alarma por falla de señal RTD. 	<p style="text-align: center;">Degenerativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarme por falla de señal RTD. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP necesita determinar cuál es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor.

NO SE DEBE BORRAR
 ESTE DOCUMENTO
 DEBE SER
 MANTENIDO
 EN EL ARCHIVO
 DE ESTE SISTEMA

HOJA DE TABULACIÓN DE MFEA

ESTUDIO DE MFEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



		<p>Falsa señal por alta temperatura.</p> <ul style="list-style-type: none"> El sensor indica alta temperatura en la unidad de bombeo, pero el operador aprecia condiciones normales de la unidad. Se presenta alarma por alta temperatura. Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura Se presenta alarma por falla de señal en el RTD. Suspensión temporal de suministro al sistema. 		Critica	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta temperatura en chumacera lado cople de bomba. Alarma por falla de señal RTD. Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura. 		
20	<p>Sensor de temperatura chumacera lado libre #2 en bomba</p> <p>TE-118/122</p>	<p>Falla total</p> <ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, se presentan condiciones de operación normales. El operador verifica alarma por falla de señal 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal RTD. 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor.

FALTA DE CORRIENTE

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Id. de Fallo	Descripción del Evento	Causa	Efecto	Gravedad	Medidas de Control	Residuo
		<p>Falsa señal por alta temperatura.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sensor indica alta temperatura en la unidad de bombeo, pero el operador aprecia condiciones normales de la unidad. • Se presenta alarma por alta temperatura. • Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura • Se presenta alarma por falla de señal en el RTD. • Suspensión temporal de suministro al sistema. 	<p>Critica</p> <p>Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura</p> <p>Suspensión temporal de suministro al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por alta temperatura en chumacera lado libre de bomba. • Alarma por falla de señal RTD. • Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura. 		
21	<p>Sensor de temperatura chumacera de empuje en bomba.</p> <p>TE-119/123</p>	<p>Falla total</p> <ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, se presentan condiciones de operación normales. • El operador verifica alarma por falla de señal del RTD. 	<p>Degenerativo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal RTD. 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor.

TESIS DE GRADUACIÓN
 PATRICIA RIVERA

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Probabilidad o Frecuencia Anual	Precedencia	Recomendación
------------	----------------------------	---------------	---------	---------------	--------------------	---------------------------------	-------------	---------------

		Falsa señal por alta temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor indica alta temperatura en la unidad de bombeo, pero el operador aprecia condiciones normales de la unidad. • Se presenta alarma por alta temperatura. • Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura • Se presenta alarma por falla de señal en el RTD. • Suspensión temporal de suministro al sistema. 		<p style="text-align: center;">Crítica</p> <p>Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura</p> <p>Suspensión temporal de suministro al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por alta temperatura en chumacera de empuje de bomba. • Alarma por falla de señal RTD. • Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura. 		
22	Sensor de temperatura cuerpo de bomba. TE-120/124	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, se presentan condiciones de operación normales. • El operador verifica alarma por falla de señal del RTD. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal RTD. 	OPERACIÓN ANORMAL	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE MFEA

ESTUDIO DE MFEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Probación o Salvaguarda Actual	Proposición	Recomendación
		Falsa señal por alta temperatura	<ul style="list-style-type: none"> El sensor indica alta temperatura en la unidad de bombeo, pero el operador aprecia condiciones normales de la unidad. Se presenta alarma por alta temperatura. Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura. Se presenta alarma por falla de señal en el RTD. Suspensión temporal de suministro al sistema. 		<p>Critica</p> <p>Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura</p> <p>Suspensión temporal de suministro al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta temperatura de cuerpo de bomba. Alarma por falla de señal RTD. Paro de unidad asegurado por muy alta temperatura. 		
23	<p>Interruptor por alta presión en el sello primario lado cople.</p> <p>PSH-122/123</p>	Falta total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe indicación de la presión del sello pero aprecia condiciones normales en la unidad de bombeo. 		Incidente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla en sello primario de la bomba lado cople. 	OPERACIÓN ANORMAL	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA deberá notificar al operador de estación para que verifique las condiciones actuales que presenta el interruptor.

TESIS CON FALLA EN ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Identificador	Identificación del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Probabilidad o Subyugencia Actual	Precedente	Recomendación
		Falta de respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El interruptor indica alta presión en el sello, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la unidad. • Se presenta una falsa señal en la indicación de la presión del sello, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla en sello primario lado coplt. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla en sello primario de la bomba lado coplt. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIB IIC IIE1 y 2	
24	Interruptor por alta presión en el sello primario lado libre. PSH-122A/123A	Falta total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe indicación de la presión del sello pero aprecia condiciones normales en la unidad de bombeo. 		Incapiente	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla en sello primario lado libre de la bomba. 	OPERACIÓN ANORMAL IIAS IIB IIC IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA deberá notificar al operador de estación para que verifique las condiciones actuales que presenta el interruptor.

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Forma de Fallo	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Partes o Subcomponentes Afectados	Indicaciones	Acciones
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El interruptor indica alta presión en el sello, pero el operador de SCADA aprueba condiciones normales en la unidad. • Se presenta una falsa señal en la indicación de la presión del sello, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla en sello primario lado libre. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla en sello primario lado libre de la bomba. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIB IID IIE1 y 2	
25	Válvula de gas combustible a turbina (GS-3). FV-145/146	Falsa indicación y falsa operación	<ul style="list-style-type: none"> • El operador posiblemente observa que no se tiene valores del "Setpoint de posición driverGS3" y en "driver GS3 retroal. de pos." • El operador observa alarma por falta de señal de demanda de posición de válvula. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Actuador GS3 apagado • Alarma por falta de señal de demanda de posición manejador GS3 • Paro por muy bajo voltaje (24 VDC) fuente de poder GS3 • Paro Driver disparado GS3 	OPERACIÓN ANORMAL IIA5 IIB IID IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> • Revisar que la válvula se mueva, cuando es oprimido el botón de arranque, sino corregir. Si todo está bien, revisar la velocidad del G.G. durante el arranque.

TESIS CON
 SELLO DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falta	Protección o Subconjunto Actual	Proposición	Recomendación
26	Transmisor de presión diferencial en el filtro de aire a la turbina. POT-126/129	Falta de suministro eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> • El operador observa que no se bene valores del Setpoint de posición driver GS3* y en driver GS3 retroal. de pos.* • Paro de unidad asegurado, por muy bajo voltaje en fuente de poder 		Crítico Paro de unidad asegurado, por muy bajo voltaje en fuente de poder	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por alto voltaje en la fuente de poder GS3 • Alarma por bajo voltaje en fuente de poder del actuador. • Paro de unidad asegurado, por muy bajo voltaje en fuente de poder. 		
		Falta total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal derivada del transmisor, pero aprecia condiciones normales en la turbina. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal. 	DIFERENCIA ANORMAL IIA5 IIB IIC1 IID IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA del CCP necesita comparar la lectura del transmisor en estación para poder determinar la posible causa que origino la falla.
		Falta en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta una falsa señal en la indicación del transmisor, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el transmisor de presión diferencial. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal. 		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Identificador	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Consecuencias	Sensibilidad de Fallo	Probabilidad de Ocurrencia del Evento	Consecuencias de la Operación Anormal	Acciones de Mitigación
		Falsa señal por alta presión diferencial.	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor indica alta presión diferencial, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. Se presenta una falsa señal por alta presión diferencial en la turbina, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla en el transmisor de presión diferencial. Se presenta un paro de unidad por muy alta presión diferencial derivado de una falsa señal. 		Critica	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión diferencial. Alarma por falta de señal. Paro por muy alta presión diferencial. 		
27	Transmisor de temperatura #1 después del filtro de aire. TE-104A/110A	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del transmisor de temperatura, pero aprecia condiciones normales en la turbina. 		Degeenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal de temperatura del termopar # 1 en el filtro de aire. 	OPERACIÓN ANORMAL IIAS IIB IIC1 IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP necesita comparar la lectura del transmisor en estación para poder determinar la posible causa que originó la falla.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Código	Descripción del Evento	Causa	Consecuencia	Severidad de Falla	Precedencia de Fallo	Precedencia de Fallo	Precedencia de Fallo
	Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprueba condiciones normales en la turbina. • Se presenta una falsa señal en la indicación del transmisor, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el transmisor de temperatura. • Paro de unidad por falla de ambos termopares de temperatura de los filtros de aire. 		<p style="text-align: center;">Crítica</p> <p>Paro de unidad por falla de ambos termopares de temperatura de los filtros de aire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal de temperatura del termopar # 1 en el filtro de aire. • Paro de unidad por falla de ambos termopares de temperatura de los filtros de aire. 	<p style="text-align: center;">OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de falla	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falla	Prevenible o Detectable	Acciones de Mitigación	
		Falsa señal por alta temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor indica alta temperatura, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. Se presenta una falsa señal por alta temperatura en la turbina, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla en el transmisor de temperatura. Paro de unidad por falla de ambos termopares de temperatura de los filtros de aire. 		<p>Critica</p> <p>Paro de unidad por falla de ambos termopares de temperatura de los filtros de aire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta temperatura de filtros de aire. Alarma por falla señal de temperatura del termopar #1 en el filtro de aire. Paro de unidad por falla de ambos termopares de temperatura de los filtros de aire. 		
28	<p>Transmisor de temperatura #2 después del filtro de aire.</p> <p style="text-align: center;">TE-104B/1108</p>	Falla total.	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del transmisor de temperatura, pero aprecia condiciones normales en la turbina. 		<p>Degenerativa</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla señal de temperatura del termopar #2 en el filtro de aire. Paro de unidad por falla de ambos termopares de temperatura de los filtros de aire. 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>I1A3 y 5 I1B I1C I1E1 y 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP necesita comparar la lectura del transmisor en estación para poder determinar la posible causa que originó la falla.

FECHA DE EMISIÓN
 FECHA DE REVISIÓN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESTIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Evento	Falla o Falta	Efecto	Comentarios	Severidad de Falta	Frecuencia o Subsecuencia Actual	Procedimiento	Recomendación
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta una falsa señal en la indicación del transmisor, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falta de señal en el transmisor de temperatura. • Se presenta un paro de unidad derivado de una falsa señal. 		Critica Paro de unidad por falla de ambos termpares de los filtros de aire.	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla señal de temperatura del termpar # 2 en el filtro de aire. • Paro de unidad por falla de ambos termpares de temperatura de los filtros de aire. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA3 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local.

IESIS CON
 FALLA DE OXIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRÁ EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falla	Procedimiento de Respuesta	Acciones	Acciones
		Falsa señal por alta temperatura.	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor indica alta temperatura, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. Se presenta una falsa señal por alta temperatura en la turbina, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla en el transmisor de temperatura. Paro de unidad por falla de ambos termopares de temperatura de los filtros de aire. 		<p>Critica</p> <p>Paro de unidad por falla de ambos termopares de temperatura de los filtros de aire.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta temperatura de filtros de aire. Alarma por falla señal de temperatura del termopar #1 en el filtro de aire. Paro de unidad por falla de ambos termopares de temperatura de los filtros de aire. 		
29	Transmisor de presión del gas combustible de turbina. PT-127-132	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del transmisor, pero aprecia condiciones normales en la turbina. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal de presión de gas combustible de la turbina. 	OPERACIÓN ANORMAL IIAS IIB IIC1 IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP necesita determinar cuál es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESTIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVES DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Elemento	Descripción del Componente	Tipo de Fallo	Efecto	Comentarios	Severidad de Fallo	Prelación o Subseguencia Actual	Precedimiento	Recomendación
--------------	----------------------------	---------------	--------	-------------	--------------------	---------------------------------	---------------	---------------

		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta una falsa señal en la indicación del transmisor, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el transmisor de presión. • Se presenta un paro de unidad derivado de una falsa señal. • Suspensión temporal de suministro al sistema. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal de presión de gas combustible de la turbina. 		
--	--	--	---	--	--------------	--	--	--

A
 NO SE DEBE OPERAR CON

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Identificador	Descripción de Componente	Tipo de Falta	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falta	Medidas de Control	OPERACIÓN ANORMAL	Acciones
		Falsa señal por baja presión.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor indica baja presión en el cabezal de gas combustible, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta alarma por baja presión en la turbina, derivado de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el transmisor de presión del gas combustible de la turbina. • Se presenta un paro de unidad por muy baja presión, derivado de una falsa señal. • Suspensión temporal de suministro al sistema. 	Al ser muy baja la presión no prenderían los ignitores y por lo tanto no se detecta	Critica	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por baja presión de gas combustible de la turbina. • Alarma por falla de señal de presión de gas combustible de la turbina. • Paro de unidad por muy baja presión de gas combustible de la turbina. • Detectores de flama 	<p style="text-align: center;">OPERACIÓN ANORMAL</p> <p style="text-align: center;">IIBAS IIBC1 IIBD IIEI1 y 2</p>	

TESIS CON
 FALTA DE COCEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Elemento	Descripción del Componente	Función deseada	Efectos	Comentarios	Severidad de Falla	Protección o Subconjunto Actual	Procedimiento	Recomendación
		Falsa señal por alta presión.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor indica alta presión en el cabezal de gas combustible, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta alarma por alta presión en la turbina, derivado de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el transmisor de presión del gas combustible de la turbina. • Se presenta un paro de unidad por muy alta presión, derivado de una falsa señal. • Suspensión temporal de suministro al sistema. 		<p style="text-align: center;">Crítico</p> <p>Se presenta un paro de unidad por muy alta presión, derivado de una falsa señal.</p> <p>Suspensión temporal de suministro al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por alta presión de gas combustible en la turbina. • Alarma por falta de señal de presión de gas combustible de la turbina. • Paro de unidad por muy alta presión de gas combustible de la turbina. 		
30	Transmisor de presión del gas de arranque de turbina PT-128-133	Falla total.	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal derivado del transmisor, pero aprecia condiciones normales en la turbina. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal de presión de gas de arranque de la turbina. 	OPERACIÓN ANORMAL IIAS IIB IIC1 IIE1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA del CCP necesita determinar cuál es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local.

FALTA DE
 1-1010
 EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falla	Pruebas de Aceptación	Acciones
			<ul style="list-style-type: none"> • Falta en respuesta cuando se envía la señal. • El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta una falsa señal en la indicación del transmisor. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal. 	<p style="text-align: center;">OPERACIÓN ANORMAL</p> <p style="text-align: center;">IIAS IIB IIC1 IID IIE1 y 2</p>
		Falsa señal por baja presión.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor indica baja presión en el cabezal de gas de arranque, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta una alarma por baja presión en la turbina, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal. • Se presenta un paro de unidad por muy baja presión, derivado de una falsa señal. • Suspensión temporal en suministro a clientes. 		Critica	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por baja presión de gas combustible de la turbina. • Alarma por falla de señal de presión de gas combustible de la turbina • Paro de unidad por muy baja presión de gas combustible de la turbina. 	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Tipo de Falta	Efecto	Consecuencias	Severidad de Falta	Frecuencia o Subsiguiente Actual	Precedencia	Recomendación
		Falsa señal por alta presión.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor indica alta presión, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta una alarma por alta presión en la turbina. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal. • Se presenta un paro de unidad por muy alta presión, derivado de una falsa señal. • Suspensión temporal de suministro al sistema. 		<p style="text-align: center;">Crítica</p> <p>Se presenta un paro de unidad por muy alta presión, derivado de una falsa señal.</p> <p>Suspensión temporal de suministro al sistema.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por alta presión de gas combustible en la turbina. • Alarma por falla de señal de presión de gas combustible de la turbina. • Paro de unidad por muy alta presión de gas combustible de la turbina. 		
31	<p>Interrupción de Guía de álabes completamente cerrados.</p> <p style="text-align: center;">HS-113/213</p>	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe indicación del interruptor (guía de álabes) pero aprecia condiciones normales en la turbina. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de álabes variables no completamente cerrados. • Alarma de álabes variables que no abren. 	OPERACIÓN ANORMAL	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA DEL CGP necesita determinar cual es la causa de la falla por lo cual debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del interruptor local.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Tipo de Falta	Efecto	Consecuencias	Severidad de Falta	Medidas de Control	
		Falta en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El interruptor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta una falsa señal en la indicación del interruptor, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma de álabes no completamente cerrados y de álabes que no abren. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de álabes variables no completamente cerrados. • Alarma de álabes variables que no abren. 	<p style="text-align: center;">OPERACIÓN ANORMAL</p> <p style="text-align: center;">I1A5 I1B I1C1 I1D I1E1 y 2</p>

THIS IS COPY
 FALL A TR
 EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Código	Descripción	Comentarios	Severidad de Falta	Probabilidad de Ocurrencia	Precedencia	Recomendación
	<p>Falsa señal de álabes no completamente cerrados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El interruptor indica la señal de álabes no completamente cerrados, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta señal de álabes no completamente cerrados derivados de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma de álabes no completamente cerrados. • El operador de SCADA observa que hay una indicación de álabes abiertos no se puede iniciar el arranque. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de álabes variables no completamente cerrados. 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA5 IIB IIC1 IIE1 y 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA del CCP necesita comparar y verificar con el operador de estación las condiciones actuales del interruptor para poder determinar la posible causa que origino la falla.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Preventivo	Correctivo
		- Falta señal de álabes cerrados	<ul style="list-style-type: none"> El interruptor indica la señal de álabes completamente cerrados, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. Se presenta señal de álabes completamente cerrados derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma de álabes completamente cerrados. Se abortará la secuencia si arranque al no cumplirse la condición normal. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma de álabes variables por no estar completamente cerrados. 	
32	Válvula solenoide para gas de ignición. SOL1-1/2	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la indicación derivada de la válvula solenoide, pero aprecia condiciones normales. 		De generativa	<ul style="list-style-type: none"> Detectores de flama 	
		Falla en el suministro eléctrico (bajo voltaje en la salida de fuente de poder).	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA verifica alarma por bajo voltaje. Se presenta paro de unidad por muy bajo voltaje en la fuente de poder. 		Crítica	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por bajo voltaje de la fuente de poder solenoides. Paro de unidad por muy bajo voltaje en la fuente de poder solenoides. Alarma por falla señal en el monitor del voltaje fuente de poder de solenoides 	OPERACIÓN ANORMAL IIAS IIB IIC1 IIE1 y 2

FALTA DE SEÑAL EN TURBO BOMBAS

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRÁ EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Protección o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
		Falta en el suministro eléctrico (alto voltaje en salida de la fuente de poder).	<ul style="list-style-type: none"> Se produce una corriente de alto voltaje motivo por el cual la bobina sobrepasa su capacidad, quemando la resistencia y anulando su funcionamiento. El operador de SCADA verifica la alarma por alto voltaje. Se presenta paro por muy alto voltaje en la fuente de poder de las solenoides. 		Critica	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alto voltaje de la fuente de poder solenoides. Paro por muy alto voltaje en la fuente de poder de solenoides. Alarma negativo a tierra fuente de poder solenoides 		
		Fuga externa	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA percibe una disminución de presión (flujo) en la válvula solenoide. Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por detección de gas en cualquier área. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA1,2 y 5 IIB IIC1 y 2 IID IIE1 y 2	
33	Válvula solenoide SOL2-1/2	Falla en el suministro eléctrico (bajo voltaje en la salida de fuente de poder)	<ul style="list-style-type: none"> Se produce una corriente de bajo voltaje motivo por el cual la bobina no logra alcanzar su capacidad y no hay respuesta a su funcionamiento normal. El operador verifica alarma por bajo voltaje. Paro por muy bajo voltaje. 		Critica Paro por muy bajo voltaje	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por bajo voltaje fuente de poder solenoides Paro por muy bajo voltaje fuente de poder solenoides Alarma por falta señal en el monitor del voltaje fuente de poder de solenoides 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	

FMEA CON
 FUENTE DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Severidad de Falla	Protección o Salvaguarda Actual	Preventivo	Recomendación
		Falla en el suministro eléctrico (alto voltaje en salida de la fuente de poder)	<ul style="list-style-type: none"> Se produce una corriente de alto voltaje motivo por el cual la bobina sobrepasa su capacidad, quemando la resistencia y anulando su funcionamiento. El operador verifica la alarma por alto voltaje Paro por muy alto y bajo voltaje fuente de poder solenoides 		Critica Paro por muy alto y bajo voltaje fuente de poder solenoides	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alto voltaje fuente de poder solenoides Paro por muy alto y bajo voltaje fuente de poder solenoides Alarma por falla señal en el monitor del voltaje fuente de poder de solenoides 		
		Fuga externa	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una disminución de presión (flujo) en la válvula solenode Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión. 		Critica Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por detección de gas en cualquier área. 	OPERACIÓN ANORMAL	IIA- 1,2,5 IIB IIC-1,2 IID IIE-1,2
34	Válvula solenode SOL3-1/2	Falla en el suministro eléctrico (bajo voltaje en la salida de fuente de poder)	<ul style="list-style-type: none"> Se produce una corriente de bajo voltaje motivo por el cual la bobina no logra alcanzar su capacidad y no hay respuesta a su funcionamiento normal. El operador verifica alarma por bajo voltaje 		Critica Paro por muy bajo voltaje	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por bajo voltaje fuente de poder solenoides Paro por muy bajo voltaje fuente de poder solenoides Alarma por falla señal en el monitor del voltaje fuente de poder de solenoides 	OPERACIÓN ANORMAL	IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2

TESIS COM
 FALTA DE
 EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Fecha de Fallo	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Preventiva o Mitigación	Acción Correctiva	Acción Preventiva
		Falla en el suministro eléctrico (alto voltaje en salida de la fuente de poder)	<ul style="list-style-type: none"> Se produce una corriente de alto voltaje motivo por el cual la bobina sobrepasa su capacidad, quemando la resistencia y anulando su funcionamiento. El operador verifica la alarma por alto voltaje 		Critica Paro por muy alto y bajo voltaje fuente de poder solenoides	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alto voltaje fuente de poder solenoides Paro por muy alto bajo voltaje fuente de poder solenoides 		
		Fuga externa	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una disminución de presión (flujo) en la válvula solenoide Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión. 		Critica Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por detección de gas en cualquier área. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA- 1,2,5 IIB IIC-1,2 IID IIE-1,2	

TESIS COMPLETA
 EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Id. Elemento	Descripción del Componente	Función de Falla	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falla	Protección o Mitigación Actual	Preventivo	Recomendación
35	Válvula solenoide SOL4-1/2	Falta en el suministro eléctrico (bajo voltaje en la salida de fuente de poder)	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce una corriente de bajo voltaje motivo por el cual la bobina no logra alcanzar su capacidad y no hay respuesta a su funcionamiento normal. • El operador de SCADA verifica alarma por bajo voltaje. • Se presenta alarma por falla señal en el monitor de la fuente de voltaje. • Se presenta paro por muy bajo voltaje en la fuente de poder solenoides. 		Crítica Paro por muy bajo voltaje	- Alarma por bajo voltaje fuente de poder solenoides - Paro por muy bajo voltaje en la fuente de poder solenoides - Alarma por falla señal en el monitor del voltaje fuente de poder de solenoides.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	
		Falta en el suministro eléctrico (alto voltaje en salida de la fuente de poder)	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce una corriente de alto voltaje motivo por el cual la bobina sobrepasa su capacidad, quemando la resistencia y anulando su funcionamiento. • El operador verifica la alarma por alto voltaje 		Crítica Paro por muy alto y bajo voltaje fuente de poder solenoides	- Alarma por alto voltaje fuente de poder solenoides - Paro por muy alto bajo voltaje fuente de poder solenoides		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Tipo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Prevención o Subseguido Actual	Procedimiento	Recomendación
		Fuga externa	<ul style="list-style-type: none"> • El operador percibe una disminución de presión (flujo) en la válvula solenoides • Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión. 		Critica	- Alarma por detección de gas en cualquier área.	OPERACIÓN ANORMAL	IIA- 1,2,5 IIB IIC-1,2 IID IIE-1,2
36	Válvula solenoides SOLS-1/2	Falla en el suministro eléctrico (bajo voltaje en la salida de fuente de poder)	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce una corriente de bajo voltaje motivo por el cual la bobina no logra alcanzar su capacidad y no hay respuesta a su funcionamiento normal. • El operador verifica alarma por bajo voltaje. 		Critica	- Alarma por bajo voltaje fuente de poder solenoides - Paro por muy bajo voltaje fuente de poder solenoides	OPERACIÓN ANORMAL	IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2
		Falla en el suministro eléctrico (alto voltaje en salida de la fuente de poder)	<ul style="list-style-type: none"> • Se produce una corriente de alto voltaje motivo por el cual la bobina sobrepasa su capacidad, quemando la resistencia y anulando su funcionamiento. • El operador verifica la alarma por alto voltaje. • Paro de unidad por muy alto voltaje en la fuente de poder solenoides. 		Critica	- Alarma por alto voltaje fuente de poder solenoides - Paro por muy alto voltaje fuente de poder solenoides		

TESIS CON
FALLA DE
CUMPLIMIENTO

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Protección o Subelemento	Consecuencias	Recomendación
		Fuga externa	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una disminución de presión (flujo) en la válvula solenoide Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión. 		Critica	- Alarma por detección de gas en cualquier área.	OPERACIÓN ANORMAL	IIA- 1,2,5 IIB IIC-1,2 IID IIE-1,2
37	Válvula solenoide SOL7-1/2	Falla en el suministro eléctrico (bajo voltaje en la salida de fuente de poder)	<ul style="list-style-type: none"> Se produce una corriente de bajo voltaje motivo por el cual la bobina no logra alcanzar su capacidad y no hay respuesta a su funcionamiento normal. El operador verifica alarma por bajo voltaje. 		Critica	- Alarma por bajo voltaje fuente de poder solenoides - Paro por muy bajo voltaje fuente de poder solenoides - Alarma por falla señal en el monitor del voltaje fuente de poder de solenoides	OPERACIÓN ANORMAL	IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2
		Falla en el suministro eléctrico (alto voltaje en la salida de la fuente de poder)	<ul style="list-style-type: none"> Se produce una corriente de alto voltaje motivo por el cual la bobina sobrepasa su capacidad, quemando la resistencia y anulando su funcionamiento. El operador verifica la alarma por alto voltaje Paro de unidad por muy alto voltaje en la fuente de poder solenoides. 		Critica	- Alarma por alto voltaje fuente de poder solenoides - Paro por muy alto voltaje fuente de poder solenoides		

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falla	Protección o Subseguencia Actual	Procedimiento	Recomendación
		Fuga externa	<ul style="list-style-type: none"> El operador percibe una disminución de presión (flujo) en la válvula solenoide Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión. 		Critica	- Alarma por detección de gas en cualquier área.	OPERACIÓN ANORMAL	IIA-1,2,5 IIB IIC-1,2 IID IIE-1,2
38	Indicación de flama #1 BE-101A/102A	Falla total, no hay indicación de flama (en piloto y/o principal)	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no detecta la indicación de flama en el piloto. Se produce un paro de unidad por flama de piloto no encendido. 	En caso de que la falla consista en que no se detecta estando presente la flama	Critica	- Paro de unidad combustor #1 flama piloto no encendido - Paro de unidad combustor #1 flama principal no encendido	OPERACIÓN ANORMAL	IIA-5 IIB IIC-1 IID IIE-1,2 OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIB IIC IID IIE
		Falta señal de indicación de flama (en piloto y/o principal)	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA percibe una falta señal en la indicación de la flama, pero aprecia condiciones normales en la turbina. Se presenta un paro de unidad por piloto y/o por flama principal no encendido. 		Critica	- Paro de unidad combustor #1 flama piloto no encendido - Paro de unidad, se extinguió la flama. - Lámpara de detección de flama.	OPERACIÓN NORMAL	IA-5 OPERACIÓN ANORMAL IIB IIC-1 IID IIE-1,2 OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIB IIC IID IIE

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Consecuencias	Seriedad de Falla	Protección o Mitigación Actual	Protección Propuesta	Recomendación
39	Indicación de flama #2 BE-101B/102B	Falla total, no hay indicación de flama (en piloto y/o principal).	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no detecta la indicación de flama en el piloto Se produce un paro de unidad por flama de piloto no encendido. 		Critica	<ul style="list-style-type: none"> Paro de unidad por combustor #2 flama piloto no encendido Paro de unidad por combustor #2 flama principal no encendido 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IID IIE-1,2	OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIB IIIC IIID IIIE
		Falsa señal de indicación de flama (en piloto y/o principal)	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA percibe una falsa señal en la indicación de la flama, pero aparea condiciones normales en la turbina. Se presenta un paro de unidad por piloto y/o por flama principal no encendido. 		Critica	<ul style="list-style-type: none"> Paro de unidad combustor #2 flama principal no encendido Paro, se extinguió la flama. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IID IIE-1,2	OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIB IIIC IIID IIIE
40	Indicación de flama #3 BE-101C/102C	Falla total, no hay indicación de flama (en piloto y/o principal).	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no detecta la indicación de flama en el piloto Se produce un paro de unidad por flama de piloto y/o principal no encendido. 		Critica	<ul style="list-style-type: none"> Paro de unidad combustor #3 flama piloto no encendido Paro de unidad combustor #3 flama principal no encendido 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IID IIE-1,2	OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIB IIIC IIID IIIE

FALLA DE ORIGEN
 TESIS CON

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Efecto de Fallo	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Protección o Subyugación Actual	Procedimiento	Recomendación
		Falsa señal de indicación de flama (en piloto y/o principal).	<ul style="list-style-type: none"> - El operador de SCADA percibe una falsa señal en la indicación de la flama, pero aprecia condiciones normales en la turbina. - Se presenta un paro de unidad por piloto y/o por flama principal no encendido. 		Critica Se presenta un paro de unidad por piloto y/o por flama principal no encendido	- Paro de unidad combustor #3 flama principal no encendido - Paro de unidad se extinguió la flama.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IID IIE-1,2 OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIB IIIC IIID IIIE	
41	Indicación de flama # 4 BE-101D/102D	Falla total (no hay indicación de flama en piloto y/o principal)	<ul style="list-style-type: none"> - El operador de SCADA no detecta la indicación de flama en el piloto - Se produce un paro de unidad por flama de piloto y/o principal no encendido. 		Critica Se produce un paro de unidad por flama de piloto no encendido	- Paro de unidad combustor #4 flama piloto no encendido - Paro de unidad combustor #4 flama principal no encendido	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2 OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIB IIIC IIID IIIE	
		Falsa señal de indicación de flama (en piloto y/o principal)	<ul style="list-style-type: none"> - El operador de SCADA percibe una falsa señal en la indicación de la flama, pero aprecia condiciones normales en la turbina. - Se presenta un paro de unidad por piloto y/o por flama principal no encendido, derivado de una operación sin demanda. 		Critica Se presenta un paro de unidad por piloto y/o por flama principal no encendido	- Paro de unidad con bustor #4 flama principal no encendido - Paro de unidad, se extinguió la flama.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IID IIE-1,2 OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIB IIIC IIID IIIE	

FALTA DE PRESIÓN EN TURBINA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Prevención o Subyugante Actual	Consecuencias	Recomendación
42	Transmisor de presión en manifold de gas combustible en la turbina PT-134/135	Falta total Falsa señal por alta presión.	<ul style="list-style-type: none"> • - El operador de SCADA no percibe la señal derivada del transmisor, pero aprecia condiciones normales en la turbina. • El transmisor indica alta presión de gas combustible, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. • Se presenta alarma por alta presión • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el manifold de gas combustible. • Se presenta un paro de unidad por muy alta presión 		Degenerativa Crítica Paro de unidad por muy alta presión	- Alarma por falla señal de presión en cabezal de combustible en la turbina - Alarma por alta presión en el cabezal del gas combustible en la turbina. - Alarma por falla de señal. - Paro de unidad por muy alta presión en manifold del cabezal de gas combustible de la turbina.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local. El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local.
43	Transmisor de presión en la descarga del compresor axial en la turbina. PT-125/130	Falta total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal enviada del transmisor de presión, pero aprecia condiciones normales en la turbina. 		Degenerativa	- Alarma por falla de señal de presión en la descarga compresor axial de la turbina.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Identificación	Descripción del Componente	Evento	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Protección o Subyugante Actual	Procedimiento	Recomendación
		Falsa señal por alta presión.	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor indica alta presión en la descarga del compresor axial, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina. Se presenta alarma por alta presión en la turbina, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el transmisor de presión en la descarga del compresor. Se presenta un paro de unidad por muy alta presión. 		Critica Se presenta un paro de unidad por muy alta presión.	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión de descarga en el compresor axial de la turbina. Alarma por falla de señal de presión de descarga compresor axial de la turbina. Paro de unidad por muy alta presión de descarga compresor axial de turbina. 		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local
44	Sensor de velocidad en turbina de potencia ST-101/103	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de velocidad, pero aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. Se presenta alarma de falla de señal del indicador de velocidad del CCP. Paro de unidad en la turbina de potencia por falla en la señal de velocidad. 		Critica Paro de unidad en la turbina de potencia	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla del sensor de velocidad en la turbina de potencia. Paro de unidad en la turbina de potencia por falla en la señal de velocidad. 	OPERACIÓN ANORMAL 11A-5 11B 11C-1 11E-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local

TESIS CON
 LA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESTIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falla	Preventivo Supervisor Alarma	Acciones
		- Falsa indicación por baja velocidad.	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA percibe una falsa indicación del sensor de velocidad, pero se verifican condiciones normales. • Si se presenta una operación sin demanda (el interruptor actúa sin que se presente una señal). • Paro de unidad por baja velocidad derivado de una falsa indicación. 		Critica Paro de unidad en la turbina de potencia	Alarma por falla del sensor de velocidad en la turbina de potencia. - Paro de unidad en la turbina de potencia por falla en la señal de velocidad. - Paro de unidad por baja velocidad en la turbina de potencia.	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local
		- Falsa indicación por alta velocidad.	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA percibe una falsa indicación del sensor de velocidad, pero se verifican condiciones normales. • Si se presenta una operación sin demanda (el interruptor actúa sin que se presente una señal). • Paro de unidad por alta velocidad derivado de una falsa indicación. 		Critica Paro de unidad en la turbina de potencia	- Alarma por falla del sensor de velocidad en la turbina de potencia. - Paro de unidad en la turbina de potencia por falla en la señal de velocidad. - Paro de unidad por sobrevelocidad en la turbina de potencia	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local

TESIS CON
 CALIFICACIÓN DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Identificador	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Protección o Subyugación Actual	Precedencia	Recomendación
		Falsa señal de indicación cuando se presenta una señal por sobrevelocidad.	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA observa las lecturas de velocidad que el sensor transmite y verifica sus condiciones normales de operación y del punto de ajuste. Se presenta alarma y paro por falla de velocidad en PT. Paro de unidad (PT) por sobrevelocidad. 		Critica	Paro de unidad en la turbina de potencia - Alarma y paro por falla de señal de indicador de velocidad de PT. - Paro de la PT por muy baja velocidad - Paro de PT por sobrevelocidad velocidad		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local
45	Sensor de velocidad del generador de gas ST-102/104	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de velocidad, pero aprecia condiciones normales en el generador de gases. Se presenta alarma de falla de señal del sensor de velocidad del CCP 		Degenerativa	- Alarma por falla en sensor de velocidad del Generador de Gases.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local

TESIS COMPLETADA EN
 FALTA TP

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Severidad de Falla	Probabilidad o Consecuencia Actual	Preventivo	Recomendación
		- Falsa indicación por baja velocidad.	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA percibe una falsa indicación del sensor de velocidad, pero se verifican condiciones normales. Se presenta una operación sin demanda (el interruptor actúa sin que se presente una señal). Paro de unidad por baja velocidad derivado de una falsa indicación. 		Crítica a Paro de unidad por baja velocidad	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla en sensor de velocidad del generador de gases. Paro de estación en el Generador de Gases por falla en la señal de velocidad. 		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local
		Falsa señal de indicación cuando se presenta una señal por sobrevelocidad.	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA observa las lecturas de velocidad que el sensor transmite y verifica sus condiciones normales de operación y del punto de ajuste. Se presenta alarma y paro por falla de velocidad en PT. Paro de unidad (PT) por sobrevelocidad. 		Crítica Paro de unidad (PT) por sobrevelocidad	<ul style="list-style-type: none"> Alarma y paro por falla de señal de indicador de velocidad de PT. Paro de PT por muy baja velocidad Paro de PT por sobrevelocidad 		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del transmisor local

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. de Fallo	Descripción del Evento	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Protección o Subyugada Actual	Proposición	Recomendación
46	Sensor de Temperatura #1 en la turbina de potencia TE-103A/109A	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los temporares restantes de la unidad (turbina de potencia) El operador verifica alarma por falla del temporar de salida de la turbina. 		De generativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla del temporar. Alarma del temporar en salida de la turbina de potencia #1 fuera de promedio. Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del temporar #1. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura 		Inopiente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del temporar #1. Alarma por falla de temporar 		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local

TESIS CON
 VALIA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Identificador	Descripción del Componente	Tipo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Protección o Subseguridad Actual	Procedimiento	Recomendación
47	Sensor de temperatura #2 salida de la turbina de potencia TE-103B/1098	Falta total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) • - El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma por falla del termopar. - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #1 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local
		Falta en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. • Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma por falla de termopar - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #2. 		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local

FALTA

SCADA

OPERACION

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Id. Elemento	Descripción de Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Severidad de Falla	Protección o Mitigación Actual	Procedimiento	Recomendación
48	Sensor de temperatura #3 salida de la turbina de potencia TE-103C/109C	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	- Alarma por falla del termopar - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #3	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura 		Inopente	- Alarma de termopar de sitio fuera de promedio - Alarma por falla de termopar - Alarma por falla de señal		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local

ALTA MANTENIMIENTO
 TERCER CON

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Id. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falla	Protección o Subconjunto Actual	Proposición	Recomendación
50	Sensor de temperatura #5 salida de la turbina de potencia TE-103E/109E	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) • El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	- Alarma por falla del termopar. - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #5	OPERACIÓN ANORMAL III-A-5 III III-C-1 III-E-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. • Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura 		Inopente	- Alarma de termopar de salida fuera de promedio - Alarma por falla de termopar - Alarma por falla de señal		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Probabilidad o Frecuencia de Fallo	Recomendaciones	Recomendaciones
51	Sensor de temperatura #6 salida de la turbina de potencia TE-103F/109F	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla del termopar Alarma del termopar en salida de la turbina de potencia #1 fuera de promedio. Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #6 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura 		Incapiente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma de termopar de salida fuera de promedio Alarma por falla de termopar Alarma por falla de señal 		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Evento	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Severidad de Falla	Prevención o Mitigación Actual	Procedimiento	Recomendación
52	Sensor de temperatura #7 salida de la turbina de potencia TE-103G/109G	Falta total Falta en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) • El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa Incipiente	- Alarma por falla del termopar - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #7 - Alarma de termopar de salida fuera de promedio - Alarma por falla de termopar - Alarma por falla de señal	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local

TESIS CON
 PLATA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Protección o Subprograma Actual	Protección Propuesta	Recomendación
53	Sensor de temperatura #8 salida de la turbina de potencia TE-103H/109H	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) • El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	- Alarma por falla del termopar - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #8	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. • Se presentó una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura. 	Inopiente	- Alarma de termopar de salida fuera de promedio - Alarma por falla de termopar - Alarma por falla de señal		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local	

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Identificación	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Prevención o Subseguimiento Actual	Procedimiento	Recomendación
54	Sensor de temperatura #9 salida de la turbina de potencia TE-103/1091	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla del termopar Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia Alarma por falla de potencia del termopar # 9 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifique las condiciones actuales del sensor local
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura. 		Inopente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma de termopar de salida fuera de promedio Alarma por falla de termopar Alarma por falla de señal 		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifique las condiciones actuales del sensor local

TESIS
 FALTA DE
 EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falta	Protección o Subyugancia Actual	Protección Propuesta	Recomendación
55	Sensor de temperatura #10 salida de la turbina de potencia TE-103J/109J	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal devuelta del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) • El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	- Alarma por falla del termopar - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #10	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cuál es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifique las condiciones actuales del sensor local
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. • Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, oervarla de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura. 		Inopiente	- Alarma de termopar de salida fuera de promedio - Alarma por falla de termopar - Alarma por falla de señal		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cuál es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifique las condiciones actuales del sensor local

TESIS CON
 APLICACIÓN DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Tipo de Falta	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falta	Protección o Subyugando Actual	Precedente	Recomendación
56	Sensor de temperatura #11 salida de la turbina de potencia TE-103K/109K	Falta total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) • El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	- Alarma por falla del termopar - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #11	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. • Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura. 		Inopente	- Alarma de termopar de salida fuera de promedio - Alarma por falla de termopar - Alarma por falla de señal		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Identificación	Descripción del Evento	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Probabilidad o Subconjunto Actual	Precedencia	Recomendación
57	Sensor de temperatura #12 salida de la turbina de potencia TE-103L/109L	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla del termopar. Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #12 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprueba condiciones normales en la turbina de potencia. Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura. 		Inopente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma de termopar de salida fuera de promedio Alarma por falta de termopar Alarma por falta de señal 		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Protección o Subseguridad Actual	Preventivo	Recomendación
58	Sensor de temperatura #13 salida de la turbina de potencia TE-103M/109M	Fallo total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	- Alarma por falla del termopar - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #13	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local
		Fallo en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura. 		Incipiente	- Alarma de termopar de salida fuera de promedio - Alarma por fallo de termopar - Alarma por falla de señal		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local

IAGS
 FALLA A
 EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Protección o Subyugante Actual	Procedimiento	Recomendación
59	Sensor de temperatura #14 salida de la turbina de potencia TE-103N/109N	Falta total	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) • El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma por falla del termopar - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #14 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifique las condiciones actuales del sensor local
		Falta en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> • El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. • Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falta de señal en el sensor de temperatura. 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma de termopar de salida fuera de promedio - Alarma por falta de termopar - Alarma por falta de señal 		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifique las condiciones actuales del sensor local

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Previsión o Subseguencia Actual	Previsión	Recomendación
60	Sensor de temperatura #15 salida de la turbina de potencia TE-1030/1090	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia) El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	- Alarma por falla del termopar - Alarma por falla señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar #15	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cuál es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local
		Falla en respuesta cuando se envíe la señal.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el sensor de temperatura. 		Incapiente	- Alarma de termopar de salida fuera de promedio - Alarma por falla de termopar - Alarma por falla de señal		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cuál es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifiquen las condiciones actuales del sensor local

LEONARDO
 FALLA Nº
 JN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Protección o Subconjunto Actual	Procedimiento	Recomendación
61	Sensor de temperatura # 16 salida de la turbina de potencia TE-103P/109P	Falta total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no percibe la señal derivada del sensor de temperatura, pero observa condiciones normales en los termopares restantes de la unidad (turbina de potencia). El operador verifica alarma por falla del termopar en salida de la turbina. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla del termopar Alarma por falta señal en la temperatura de salida en la turbina de potencia del termopar # 16 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifique las condiciones actuales del sensor local
		Falta en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> El sensor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA aprueba condiciones normales en la turbina de potencia. Se presenta una falsa señal en la indicación del sensor, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falta de señal en el sensor de temperatura. 		Inopente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma de termopar de salida fuera de promedio Alarma por falta de termopar Alarma por falla de señal 		El operador de SCADA del CCP necesita determinar cual es la causa de la falla y debe contactar al operador de estación para que verifique las condiciones actuales del sensor local
62	CASO ESPECIAL Monitor de termopares (donde se presentan (legan) todas las señales de los termopares)	Falsa señal por alta o baja temperatura de dos o más termopares	<ul style="list-style-type: none"> El operador del cuarto de control observar que por lo menos dos termopares de salida de PT adyacentes se encuentran 		Crítica Se presentara un paro de unidad	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falta de señal. Alarma por alta temperatura promedio de salida. Alarma por alta desviación de temperatura de 		Suspensión temporal de suministro a

**TESTES COM
FALLA DE ORDEN**

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Registro	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Severidad de Falla	Protección o Subyugada Actual	Propuestas	Recomendación
	TE-103A-P/109A-P		<p>fallados produciendo un paro de Unidad.</p> <ul style="list-style-type: none"> • El operador observa la alarma por falla de señal, alta temperatura fuera de promedio y por alta desviación de temperatura • Se presentará un paro de unidad • Suspensión temporal de suministro a clientes. 		clientes	<p>temperares de salida.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Paro de unidad por muy alta desviación de temperatura en temperares de salida. - Paro de unidad por muy alta temperatura de promedio de salida de la turbina de poder. 		
63	Sensor de vibración en el generador de gases (sísmico 1). VE-103A/104A	Falla total del sensor	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación aprecian que el sensor no indica lectura de la vanable pero verifican condiciones con el personal de estación en la estación. 	Degenerativa	Degenerativa	Alarma por falla de señal por vibración sísmica en la turbina de generador de gases.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que se presenta en el sensor.

FALTA DE DATOS EN
 Tabla 1

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Identificación	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Protección o Subyugada Actual	Procedimiento	Recomendación
		Falsa señal del sensor por alta vibración.	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación observan alarma por falsa señal generada por el sensor en el tablero de estación. • Se presenta una alarma por alta vibración derivada de una falsa señal. • Se presenta alarma por falla de señal • Se presenta paro de unidad por muy alta vibración generado de una operación sin demanda. 		<p>Critica</p> <p>Se presenta paro de unidad por muy alta vibración.</p>	<p>- Alarma por alta vibración de la turbina del generador de gases Sísmico #1</p> <p>- Alarma por falla señal de vibración sísmica en la turbina de generador de gases.</p> <p>- Paro de unidad por muy alta vibración de turbina #1 sísmico del generador de gases.</p>		El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que se presenta en el sensor.
64	Sensor de vibración en la turbina de potencia (sísmico 2) VE-1038/1048	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación aprueban que el sensor no indica lectura de la variable pero verifican condiciones con el personal de estación en la estación. 		Degenerativa	Alarma por falla de señal por vibración sísmica en la turbina de generador de gases.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que se presenta en el sensor.

REVISADO POR:
 FAULTA DE:

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, FARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRÁ EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Previsión o Subyugación Actual	Previsión	Recomendación
		Falsa señal del sensor por alta vibración	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación observan alarma por falsa señal generada por el sensor en el tablero de estación. • Se presenta una alarma por alta vibración derivada de una falsa señal. • Se presenta alarma por falla de señal • Se presenta paro de unidad por muy alta vibración generado de una operación sin demanda. 		Critica Se presenta paro de unidad por muy alta vibración	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma por alta vibración de la turbina del generador de gases sísmico #1 - Alarma por falla señal de vibración sísmica en la turbina de generador de gases. - Paro de unidad por muy alta vibración de turbina #1 sísmico del generador de gases. 		El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que se presenta en el sensor.
65	Transmisor de presión del gas de escape de la turbina. PT-14Q/141	Falta total	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación aprecian que el transmisor de presión no indica lectura de la variable pero verifican condiciones normales con el personal de estación en la estación. 		Inopiente	Alarma por falla de señal del EGT(gas de escape de la turbina)	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta.

FALTA DE
EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Elemento	Descripción del Componente	Modo de Falla	Efectos	Comentarios	Severidad de Falla	Protección o Salvaguarda Actual	Precedente	Recomendación
		Falla en respuesta cuando se envía la señal	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA de ESTACION Y el operador de SCADA MEXICO aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal del EGT. 		Incidente	Alarma por falla de señal del EGT (gas de escape de la turbina)	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta.
66	Transmisor de temperatura #1 del gas de escape. TE-103Q/109Q	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación aprecian que el transmisor de temperatura no indica lectura de la variable pero verifican condiciones normales con el personal de estación en la estación. • Se presenta una alarma por falla de señal del EGT en la turbina. 		Incidente	- Alarma por falla de señal del EGT en turbina el termopar # 1 - Transmisor de temperatura #2 del EGT	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Consecuencias	Severidad de Falta	Protección o Salvaguarda Actual	Preventivo	Recomendación
		Falla en respuesta cuando se envía la señal	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA de ESTACION Y el operador de SCADA MÉXICO aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal del EGT. Se presenta alarma de EGT fuera de promedio #1. Se presenta alarma por falla señal del EGT. 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma de EGT sensor #1 fuera de promedio. Alarma por falla de señal del EGT en turbina el temporar # 1 Transmisor de temperatura #2 del EGT 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta
67	Transmisor de temperatura #2 del gas de escape. TE-103R/109R	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El Operador de SCADA del CCP y de la estación aprecian que el transmisor de temperatura no indica lectura de la variable pero ven fican condiciones normales con el personal de estación en la estación. Se presenta una alarma por falla de la señal del EGT en la turbina. 		Incipiente	Alarma por falla señal en EGT te mpar #2- Transmisor de temperatura #1 del EGT	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Identificador	Descripción del Componente	Estado del Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Protección o Salvaguarda Actual	Precedente	Recomendación
		Falla en respuesta cuando se envía la señal	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA de ESTACION Y el operador de SCADA MEXICO aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en EGT del temporar #2. • Se presenta alarma del sensor #2 fuera de promedio. 		Incidente	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma EGT sensor #2 fuera promedio. - Alarma por falla señal en EGT temporar #2 - Transmisor de temperatura #1 del EGT 		El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta
68	Transmisores de temperatura #1 y #2 del gas de escape TE-103Q-R/109Q-R	Falla total de los temporares del gas de escape de la turbina	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación observan que no hay indicación de la temperatura promedio EGT y de los temporares de EGT • Paro de unidad por falla de ambos temporar 		Critica Paro de unidad por falla de ambos temporar	Paro de unidad por falla de ambos temporares.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta

FALTA DE RESPUESTA EN TEMPERATURAS

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Protección o Subseguridad Actual	Precedencia	Recomendación
69	Transmisor de presión en la alimentación de aceite de lubricación de la chumacera fría en la turbina de potencia. PT-136/137	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación aprecian que el transmisor de presión no indica lectura de la variable pero verifican condiciones normales con el personal de estación en la estación. 		Degenerativa	Alarma por falla de señal de presión de aceite de lubricación de chumacera fría de turbina.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta
		Falla en respuesta cuando se envía la señal	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA de ESTACIÓN Y el operador de SCADA MEXICO aprueba condiciones normales en la turbina de potencia. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal de presión de aceite de lubricación. • Se presenta paro de unidad por muy baja presión de aceite de lubricación derivado de una operación sin demanda. 		Crítica	- Alarma por falla de señal de presión de aceite de lubricación de chumacera fría de turbina. - Paro de unidad por muy baja presión de aceite de lubricación en la chumacera fría de la turbina de potencia		El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta

TESIS CON
FALTA DE FMEA

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efecto	Comentarios	Severidad de Falta	Prevención o Subyugación Actual	Procedimiento	Recomendación
		Falsa señal por baja presión.	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor indica baja presión en la turbina de potencia, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales. Se presenta una falsa señal por baja presión en la turbina, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falta de señal en el transmisor de presión de la turbina de potencia. Se presenta un paro de unidad por muy baja presión, derivado de una falsa señal. 		Critica	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma por baja presión de aceite de lubricación en la chumacera fría de la turbina de potencia. - Alarma por falta de señal de presión de aceite de lubricación de chumacera fría de turbina. - Párrafo de unidad por muy baja presión de aceite de lubricación en la chumacera fría de la turbina de potencia. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IID IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta
70	Transmisor de presión de aceite de lubricación al generador de gases de turbina. PT-124/131	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El Operador de SCADA del CCP y de la estación aprecian que el transmisor de presión de aceite de lubricación no indica lectura de la variable pero verifican condiciones normales con el personal de estación en la estación. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma por falta de señal de presión de aceite de lubricación principal de la turbina. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Escenario	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Protección o Subrogamiento Actual	Proposiciones	Recomendación
		Falla en respuesta cuando se envía la señal	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA de ESTACION Y el operador de SCADA MÉXICO aprecia condiciones normales en la turbina de potencia. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal de presión de aceite de lubricación al generador de gases. • Se presenta paro de unidad por muy baja presión de aceite de lubricación derivado de una operación, sin demanda. 		Critica paro de unidad por muy baja presión de aceite de lubricación	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma por falla señal de presión de aceite de lubricación principal de la turbina. - Paro de unidad por muy baja presión de aceite de lubricación principal de la turbina 		El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta

FALTA CON
 EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESTIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Protección o Subseguido Actual	Procedimiento	Recomendación
		Falsa señal por baja presión.	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor indica baja presión en el generador de gases de la turbina de potencia, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales con el personal de estación. Se presenta una falsa señal por baja presión en la turbina, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el transmisor de aceite de lubricación al generador de gases Se presenta un paro de unidad por muy baja presión, derivado de una falsa señal. 		<p>Critica</p> <p>Paro de unidad por muy baja presión</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por baja presión de la principal fuente de aceite de lubricación de la turbina. Alarma por falla señal de presión de aceite de lubricación principal al generador de gases. Paro de unidad por muy baja presión de aceite de lubricación principal de la turbina. 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA-3,5 IIE-1,2</p>	<p>El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta</p>
71	Botón de paro de estación (Unidad 1) XS1-001	No hay respuesta de acción	<ul style="list-style-type: none"> Falta de respuesta inmediata a un paro de unidad ante una contingencia. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Botón de paro de unidad en panel de estación Paro de Estación en la salida de la estación. 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA-5 IIE-1,2</p> <p>OPERACIÓN EN EMERGENCIA</p> <p>IIIB IIIC</p>	
72	Botón de paro de estación (Unidad 2)	No hay respuesta de acción	<ul style="list-style-type: none"> Falta de respuesta inmediata a un paro de unidad ante una 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Botón de paro de unidad en panel de estación Paro de Estación en la 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA-5 IIE-1,2</p>	

TESIS
 FALTA DE RESPUESTA

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Elemento	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Protección o Subsiguiente Actual	Precedimiento	Recomendación
--------------	----------------------------	---------------	---------	-------------	--------------------	----------------------------------	---------------	---------------

	XS1-002		contingencia.			salida de la estación.	OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIB IIIC	
73	Interruptor de vibración o paro del enfriador del aceite de lubricación. VS-110	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor de presión no indica lectura de la variable, pero el operador de SCADA aprece condiciones normales en la consola de estación y notifica al operador de ESTACIÓN para que notifique las condiciones actuales que presenta el transmisor de vibración. 		Degenerativa	No se presentan salvaguardas	OPERACIÓN ANORMAL IIIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible falla que presenta
		Falla en respuesta cuando se envía la señal	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA de ESTACION Y el operador de SCADA MÉXICO aprece condiciones normales en el enfriador de aceite de lubricación. 		Degenerativa	No se presentan salvaguardas		

TESIS CON
FALLA DE CONTEN

TESIS CON
FALLA DE CONTEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Elemento	Descripción del Componente	Modo de Falta	Efectos	Comentarios	Severidad de Falta	Prevención o Salvaguarda Actual	Precedente	Recomendación
75	Interruptor de la bomba auxiliar de aceite de lubricación cerrado XS2-200/400	Falta total	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación aprecian que el interruptor de la bomba auxiliar de aceite de lubricación no indica lectura de la variable pero verifican condiciones normales con el personal de estación en la estación. 		Degenerativa	- Bomba de emergencia de aceite de lubricación	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible falla que presenta
		Acción de falsa señal, de posición.	<ul style="list-style-type: none"> • Operación sin demanda (el interruptor actúa sin que se presente la señal). • El Operador de SCADA del CCP y de la estación observan la falsa señal generada por el interruptor en el tablero de estación por lo tanto notifica al operador de ESTACIÓN para verificar condiciones actuales que se presentan. • Se presenta alarma contactor bomba auxiliar de aceite de lubricación NO CIERRA. 		Inopiente	- Alarma contactor bomba auxiliar de aceite de lubricación no cierra. - Bomba de emergencia de aceite de lubricación	OPERACIÓN ANORMAL IIA-3,5 IIE1,2	

TESIS CON
 LA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Prevención o Salvaguarda Actual	Procedimiento	Recomendación
		Falsa señal por no abrir.	<ul style="list-style-type: none"> • El operador de SCADA del CCP y de la estación observan la señal generada por el interruptor en el tablero de estación • Se presenta alarma contactor bomba auxiliar de aceite de lubricación NO ABRE 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma contactor bomba auxiliar CA de aceite de lubricación no abre. - Bomba de emergencia de aceite de lubricación 		
75	Bomba auxiliar de aceite de lubricación arranque (encendida) FMR-300/400	Fuga de aceite de lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta efecto de fricción y calentamiento en los elementos internos de la bomba. • Presencia del efecto de vibración. • Desgaste de sellos de aceite de lubricación. • Paro de unidad. 		Critica Paro de unidad	<ul style="list-style-type: none"> - Indicador de bajo flujo de aceite de lubricación. - Alarma de sofocación de sellos - Paro de unidad. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-2,5 IIB IID IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual de la bomba auxiliar de aceite de lubricación para determinar la posible falla que se presenta.
		Falla al arranque y en marcha.	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación visualizan bajo nivel de aceite de lubricación, por lo tanto acciona el relevo de la unidad. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> - Indicador de bajo flujo/Alarma por bajo flujo. - Indicador por baja presión/Alarma por baja presión. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1,2 IID IIE-1,2	

TITULO
 DE
 FMEA
 EN
 FASE

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Código de Falta	Descripción de Falta	Efectos	Consecuencias	Grado de Peligrosidad de Falta	Protección o Subconjunto de Falta	Preventivo	Correción
-----------------	----------------------	---------	---------------	--------------------------------	-----------------------------------	------------	-----------

	Falla en suministro eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta un paro de unidad. 		<p style="text-align: center;">Crítica</p> <p style="text-align: center;">Paro de unidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tanque superior de emergencia que proporciona aceite necesario cuando existe falla en energía eléctrica. - Se realiza la transferencia de modo de control automático a manual. - Se pone en marcha los motogeneradores. - Paro de unidad. 		
	Falla por falsa señal de posición.	<ul style="list-style-type: none"> • El interruptor de posición se accio sin que se presente la señal. • El Operador de SCADA del CCP y de la estación observa la falsa señal de posición en el tablero de estación por lo tanto notifica al operador de estación para verificar el interruptor de posición de la bomba. 		<p style="text-align: center;">Inocente</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Alarma por falla de señal. - Interruptores de posición. 		

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Id. de Fallo	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Protección o Salvaguardas Actuales	Procedimientos	Recomendación
77	Interruptor de la bomba de Emergencia de aceite de lubricación auto. XSI-201 (GB-201)	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP y de la estación operador de SCADA no observan la señal derivada del interruptor, pero notifica al operador de ESTACIÓN para verificar condiciones actuales del interruptor de la bomba de emergencia de aceite de lubricación 		Degenerativa	NO SE PRESENTAN SALVAGUARDAS	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible falla que presenta
		Falsa señal en auto	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP y de la estación observan la falsa señal generado por el interruptor en el tablero de estación en auto por lo tanto notifica al operador de ESTACIÓN para verificar condiciones actuales que se presentan. 		Degenerativa	NO SE PRESENTAN SALVAGUARDAS	OPERACIÓN ANORMAL IIA-3,5 IIE1,2	

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



78	Interruptor de la bomba de Emergencia de aceite de lubricación manual. XS2-201	Falta total	• El operador de SCADA del CCP y de la estación operador de SCADA no observan la señal derivada del interruptor, pero notifica al operador de ESTACIÓN para verificar condiciones actuales de la bomba de emergencia de aceite de lubricación	Degenerativa	NO SE PRESENTAN SALVAGUARDAS	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible falla que presenta
		Falta señal en posición manual	• El Operador de SCADA del CCP y de la estación observan la falsa señal generada por el interruptor en el tablero de estación, por lo tanto notifica al operador de ESTACIÓN para verificar condiciones actuales que se presentan.	Incipiente	NO SE PRESENTAN SALVAGUARDAS	OPERACIÓN ANORMAL IIA-3,5 IIE1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del interruptor y determinar la posible falla que presenta

FALLA DE ALIMENTACIÓN

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

79	Interruptor de la Bomba de Emergencia de aceite de lubricación cerrado X53-201	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP y de la estación operador de SCADA no observan la señal derivada del interruptor, pero notifica al operador de ESTACIÓN para verificar condiciones actuales de la bomba de emergencia de aceite de lubricación. 	Degenerativa	Alarma contactor de bomba de emergencia del aceite de lubricación no cierra. Alarma contactor de bomba de emergencia del aceite de lubricación no abre.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del interruptor y determinar la posible falla que presenta
		Falsa señal de no cierre	<ul style="list-style-type: none"> El Operador de SCADA del CCP y de la estación observa la falsa señal generada por el interruptor en el tablero de estación. Se presenta alarma del contactor de la bomba de emergencia de aceite de lubricación posición no cierra. 	Degenerativa	Alarma del contactor de la bomba de emergencia del aceite de lubricación no cierra.		

TESIS COMPLETA
 FALLA A DT
 EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

		Falsa señal de no cierre	<ul style="list-style-type: none"> El Operador de SCADA del CCP y de la estación observa la falsa señal generada por el interruptor en el tablero de estación. Se presenta alarma del contador de la bomba de emergencia de aceite de lubricación posición no abre. 	Degenerativa	Alarma del contador de la bomba de emergencia del aceite de lubricación no abre.		
80	Bomba de emergencia de aceite de lubricación arranque (encendida) FNR-302/402 GB- 201	Fuga de aceite de lubricación.	<ul style="list-style-type: none"> Se presenta efecto de fricción y calentamiento en los elementos íntimos de la bomba. Presencia del efecto de vibración. Desgaste de sellos de los cojinetes. Paro de unidad. 	Critica Paro de unidad	<ul style="list-style-type: none"> Indicador de bajo flujo de aceite de lubricación. Alarma de sofocación de sellos Paro de unidad. Bomba de relevo.. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1,2 IID IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual de la bomba auxiliar de aceite de lubricación para determinar la posible falla que se presenta.
		Falla al arranque y en marcha.	<ul style="list-style-type: none"> El operador visualiza bajo nivel de aceite de lubricación, por lo tanto acciona el relevo de la unidad. 	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Indicador de bajo flujo/Alarma por bajo flujo. Indicador por baja presión/Alarma por baja presión. 		

FALLA EN
TRABAJANDO EN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



ANÁLISIS CON FALLA DE ORIGEN

	<p>Falla en suministro eléctrico.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se presenta un paro de unidad. 		<p>Critica</p> <p>Se presenta un paro de unidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Tanque superior de emergencia que proporciona aceite necesario cuando existe falla en energía eléctrica. Se realiza la transferencia de modo de control automático a manual. Se pone en marcha los motogeneradores. Paro de unidad. 		
	<p>Falla por falsa señal de posición.</p>	<ul style="list-style-type: none"> El interruptor de posición se actúa sin que se presente la señal. El operador de SCADA observa la falsa señal de posición en el tablero de estación por lo tanto notifica al operador de ESTACIÓN para verificar el interruptor de posición local de la bomba. 	<p>Incidiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal. Interruptores de posición. 		
<p>Interruptor del Ventilador de aceite de lubricación en auto / hand</p> <p>XSI-202/402 (FAN-202/402)</p>	<p>Falla total</p>	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP y de la estación operador de SCADA no observan la señal derivada del interruptor, pero notifica al operador de ESTACIÓN para verificar condiciones actuales del ventilador de aceite de lubricación. 	<p>Degenerativa</p>	<p>Alarma en el interruptor del enfriador de aceite de lubricación no en hand o auto.</p>	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA-5 IIE-1,2</p>	<p>El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del interruptor y determinar la posible falla que presenta</p>

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

		<p>Falsa señal de no en Hand o auto.</p> <ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP y de la estación observan la falsa señal generada por el interruptor en el tablero de estación por lo tanto notifica al operador de ESTACIÓN para verificar condiciones actuales que se presentan. Se presenta alarma derivada del interruptor del enfriador del aceite de lubricación no en hand o auto. 		Degenerativa	Alarma en el interruptor del enfriador de aceite de lubricación no en hand o auto	OPERACIÓN ANORMAL IIA-3,5 IIE1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del interruptor y determinar la posible falla que presenta
82	<p>Interruptor abierto del Ventilador de aceite de lubricación</p> <p style="text-align: center;">XS2-202/402</p>	<p>Falsa total</p> <ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no aprecia la señal derivada del interruptor, pero verifica condiciones normales en el enfriador de aceite de lubricación posición (CERRADO). 		Incipiente	No se presentan salvaguardas.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del interruptor y determinar la posible falla que presenta
		<p>Falsa señal de contactor abierto</p> <ul style="list-style-type: none"> Se presenta alarma en el contactor abierto del ventilador de aceite de lubricación (posición cerrado) derivado de una falsa señal. 		Incipiente	Alarma contactor abierto del ventilador de aceite de lubricación	OPERACIÓN ANORMAL IIA-3,5 IIE1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del interruptor y determinar la posible falla que presenta

FALLA DE CONTACTOR

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESTIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

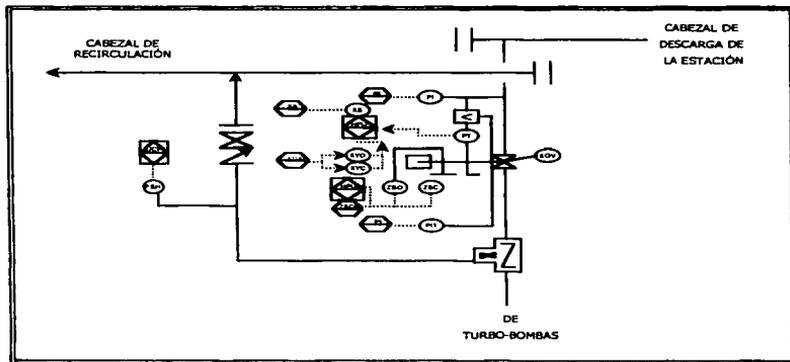
83	Ventilador del sistema de enfriamiento de aceite de lubricación arranque (encendido)	Falla de arranque / Arranque prematuro	<ul style="list-style-type: none"> Se presenta calentamiento del aceite de lubricación. Comienza fricción entre los internos de la bomba. 		Degenerativa	No se presentan salvaguardas.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1,2 IID IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual de la bomba auxiliar de aceite de lubricación para determinar la posible falla que se presenta.
		Operación con tiempo prolongado	<ul style="list-style-type: none"> Calentamiento del ventilador Se presenta calentamiento del aceite de lubricación. 		Degenerativa	No se presentan salvaguardas		El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual de la bomba auxiliar de aceite de lubricación para determinar la posible falla que se presenta.
84	Paro de unidad 1 / 2 HS-111/211	No hay respuesta de acción	<ul style="list-style-type: none"> Falta de respuesta inmediata a un paro de estación ante una contingencia. 		Degenerativa	-Paro de Estación en la salida de la estación. - Botón de paro de unidad en panel de estación	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIE-1,2 OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIB IIIC	
85	Botón de prueba de Crank. 01/02-HS-112	No hay respuesta de acción	<ul style="list-style-type: none"> Falta de respuesta inmediata ante una prueba de Crank. 		Degenerativa	- Botón de prueba de Crank (isto para arranque) en panel de estación.	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIE-1,2 OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIB IIIC	

TESTES CON FALLA DE ORIGEN

4. Cabezales de Descarga de las Turbo-bombas

Cuenta con un transmisor de presión, un elemento de temperatura, válvula de recirculación yanway, así como una válvula motorizada y un interruptor de flujo en el cabezal de recirculación.

El cabezal de recirculación que conecta el flujo de recirculación de cada una de las válvulas de recirculación (Yanway), con la Tubería de Succión General de la Estación; su función principal es aliviar el flujo de recirculación y proteger contra daños serios resultantes del sobre calentamiento o inestabilidad del flujo principal a la bomba Centrífuga.



INDICE DE COMPONENTES

CABEZALES DE DESCARGA DE LAS TURBO-BOMBAS

IDENTIFICACION	DESCRIPCION	SERVICIO	DIAGRAMA ESQUEMATICO	SEÑAL EN BINN	FUNCION	ALARMA Y/O PARO	PUNTO DE AJUSTE
PT-109/112	Transmisor de presión en la descarga de la bomba	Presión en descarga de bomba BC-0102	E-B-DITs-0102	0102-PT-109/112	Indicación de presión del cabezal de descarga de turbo-bombas	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AP • Alarma por FS • USDL por muy AP 	>61 K/gcm ² <2 or >22 mA > 63 K/gcm ²
TE-131/133	Transmisor de temperatura en la descarga de la bomba	Temperatura descarga de unidad 1/2	E-B-DITs-0102	0102-TE-131/133	Indicación de temperatura del cabezal de descarga de turbo-bombas	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AT • Alarma por FS RTD • USDL por muy AT 	>80 °C <-30 or >425°C >90 °C
FSH-101/102	Interruptor de flujo de recirculación a la descarga de la bomba.	Recirculación BC-0102	E-B-DITs-0102	0102-FSH-101/102	Indicación de flujo en el cabezal de recirculación del cabezal de descarga de turbo-bombas	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por Alto Flujo de recirculación 	---
EOV-103/105	Válvula a la descarga de la bomba.	Válvula a la descarga de la bomba.	E-B-DITs-0102	0102-EOV-103/105	Bloqueo en el cabezal de descarga de turbo-bombas	---	---
Z-103A/105A	Indicador válvula EOY-103/105 en transmisión (positivo)	Indicación válvula EOY-103/105 en transmisión (positivo)	E-B-DITs-0102	0102-Z-103A/105A	Indicación de la válvula en transmisión	---	---
ZO-103A/105A	Indicador válvula EOY-103/105 abierto	Indicación válvula EOY-103/105 abierto	E-B-DITs-0102	0102-ZO-103A/105A	Indicación de válvula abierta	---	---
ZC-103A/105A	Indicador válvula EOY-103/105 cerrado	Indicación válvula EOY-103/105 cerrado	E-B-DITs-0102	0102-ZC-103A/105A	Indicación de válvula cerrada	---	---
XA-103A/105A	Orden de Detener válvula EOY-103/105	Orden de Detener válvula EOY-103/105	E-B-DITs-0102	0102-XA-103A/105A	Orden para detener válvula	---	---
XAO-103A/105A	Orden de Abrir válvula EOY-103/105	Orden de Abrir válvula EOY-103/105	E-B-DITs-0102	0102-XAO-103A/105A	Orden para abrir válvula	---	---
XAC-103A/105A	Orden de Cerrar válvula EOY-103/105	Orden de Cerrar válvula EOY-103/105	E-B-DITs-0102	0102-XAC-103A/105A	Orden para cerrar válvula	---	---
HS-103A/105A	Indicador válvula EOY-103/105 en control local	Indicación válvula EOY-103/105 en control local	E-B-DITs-0102	0102-HS-103A/105A	Indicación de válvula en control local	---	---
HS-103/105	Control Local	Control Local	E-B-DITs-0102	0102-HS-103/105	Control local	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de válvula en control local 	---
ZOC-103/105	Válvula EOY-103/105, cerrado	Válvula EOY-103/105, cerrado	E-B-DITs-0102	0102-ZOC-103/105	Interruptor para cerrar válvula	---	---
ZOA-103/105	Válvula EOY-103, abierta	Válvula EOY-103, abierta	E-B-DITs-0102	0102-ZOA-103/105	Permite Interruptor para abrir válvula	<ul style="list-style-type: none"> • Permite Interruptor para abrir válvula 	---
ZT-103/105	Posición válvula EOY-103/105	Posición válvula EOY-103/105	E-B-DITs-0102	0102-ZT-103/105	Posición de la válvula	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falta de señal de posición en válvula de descarga • USDL por válvula de descarga >80% cerrada mientras la turbina opera 	---
XAC-103/105	Orden de Cerrar válvula EOY-103/105	Orden de Cerrar válvula EOY-103/105	E-B-DITs-0102	0102-XAC-103/105	Orden para cerrar válvula	---	---
XAO-103/105	Orden de Abrir válvula EOY-103/105	Orden de Abrir válvula EOY-103/105	E-B-DITs-0102	0102-XAO-103/105	Orden para abrir válvula	---	---
XA-103/105	Orden de Detener válvula EOY-103/105	Orden de Detener válvula EOY-103/105	E-B-DITs-0102	0102-XA-103/105	Orden para detener válvula	---	---

TESIS CON
 FALSA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA DE TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



**TESTIS CON
FALTA DE ORIGEN**

86	Transmisor de presión en la descarga de la bomba PT-109/112	- Falsa señal por alta Presión.	<ul style="list-style-type: none"> • El transmisor indica alta presión en la descarga de la bomba, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la unidad de bombeo y en la estación. • Se presenta una falsa señal por alta presión en la bomba, derivada de una operación sin demanda. • El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal en el transmisor de presión de la descarga de la bomba • Se presenta un paro de unidad por alta presión, derivado de una falsa señal. 	Crítica	• Alarma y Paro de unidad por alta presión de descarga de la bomba. • Alarma por falla de señal en la presión de descarga de la bomba. • Transmisor de presión del cabezal de descarga de estación. • Alarma y Paro de Unidad por muy alta presión en el cabezal de descarga de LPG de estación. • Transmisor de presión de la descarga de la estación • Alarma y Paro de unidad por muy alta presión de descarga de estación.	OPERACIÓN ANORMAL	II-A 5 II-D II-E 1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta
	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> • El Operador de SCADA del CCP y de la estación no observan datos en la medición de presión de descarga de la bomba pero verificará las condiciones normales de operación antes y después de la descarga de la bomba. 	Incipiente	• Alarma por falta de señal. • Transmisor de presión del cabezal de descarga de estación. • Transmisor de presión de la descarga de la estación	OPERACIÓN ANORMAL	IIA-2,5 II-B II-C1,2 II-D II-E 1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta	

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA DE TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

87	Transmisor de temperatura en la descarga de la bomba TE-131/133	Falsa señal de alta temperatura	<ul style="list-style-type: none"> El Operador de SCADA del CCP y de la estación verifican que las condiciones de temperatura en succión de bomba y en cabezal de descarga no presenten cambios por alta temperatura. Se produce paro de unidad derivado de una falsa señal. 	Crítica Se produce paro de unidad derivado de una falsa señal	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de la señal Alarma por alta temperatura de descarga de la bomba Paro de unidad por muy alta temperatura de descarga de bomba Sensor de temperatura para la compensación de flujo de estación. 	OPERACIÓN ANORMAL II-A 5 IID IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta.
		- Falta total - No se presenta señal.	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no observa indicación de la temperatura en la descarga de la bomba. Se presenta alarma por falla de señal. 	Indiciente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de la señal Sensor de temperatura para la compensación de flujo de estación. 		El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta.
88	Interruptor de flujo de recirculación a la descarga de la bomba. FSH-101/102	Falta total	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA no aprecia la señal derivada del interruptor, pero verifica condiciones normales en el cabezal de flujo de recirculación a la descarga. 	Crítica No se presenta salvaguarda	No se presenta salvaguarda	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del interruptor y determinar la posible falla que presenta.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA DE TURBO-BOMBAS BC-01 Y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Código	Descripción del Evento	Causa	Efecto	Gravedad	Medidas de Control	Medidas de Mitigación	Resumen de Medidas	
		Falsa señal por alto flujo de recirculación.	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor indica alto flujo en el cabezal de gas combustible, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en el cabezal de recirculación. Se presenta una falsa señal por alto flujo de recirculación, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por alto flujo de recirculación en la descarga de la bomba. 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alto flujo de recirculación en la descarga de la bomba. 		El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del interruptor y determinar la posible falla que presenta.
89	Válvula a la descarga de la bomba. EOV-103/105	Fuga Externa	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA ve reflejada una caída de presión en el cabezal de descarga y salida de la estación Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión. 		Crítica	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión en el cabezal de descarga de bombas Transmisor de presión diferencial 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-2,5 IIB IIC 1,2 IID IIE 1,2	Se recomienda poner una alarma por baje presión derivada del PT-114.

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA DE TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Identificación del Evento	Consecuencia	Identificación del Modo de Fallo	Causas	Consecuencia	Identificación del Tipo de Fallo	Consecuencia	Identificación del Tipo de Fallo	
Falla al Cerrar (Falla en señal Remota, Falsa Indicación y Falsa Operación).	<ul style="list-style-type: none"> Falta de respuesta inmediata a un paro de ante una contingencia. 			Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Cierre manual Interruptor de posición de la válvula de cierre. Indicación de válvula abierta Alarma por falla de señal de posición Transmisor de presión en el cabezal de descarga de las bombas 	OPERACIÓN ANORMAL	IIA -2,5 IIE 1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta.
Falla al Abrir (Falla en señal Remota, Falsa Indicación y Falsa Operación)	<ul style="list-style-type: none"> Falla de respuesta cuando se presenta la condición anormal, no hay flujo en la descarga de la bomba. Paro de Unidad Se presenta condición anormal del sistema (presurización). 			Critica Paro de Unidad	<ul style="list-style-type: none"> Falsa posición de válvula Indicación de válvula cerrada Alarma por válvula no completamente abierta Alarma por falla de señal de posición Paro de unidad por válvula mas del 80% cerrada mientras la turbina opera Transmisor de presión en el cabezal de descarga de las bombas. 			El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta.
Cierre Súbito	<ul style="list-style-type: none"> El operador observa un aumento de presión en el cabezal de descarga de la bomba. No hay flujo en el cabezal de descarga de la estación. Paro de Unidad. Se presenta condición anormal del sistema (presurización) 			Critica Paro de Unidad	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión de descarga de la bomba Paro de unidad por baja presión en la descarga de la estación. Indicación de posición por cierre de válvula Falsa posición de válvula 	OPERACIÓN ANORMAL	IIA -1,2,5 IIB IIC IID IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta.

TESTES CON FALLAS DE CRECEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA DE TURBO-BOMBAS BC-01 y BC-02

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



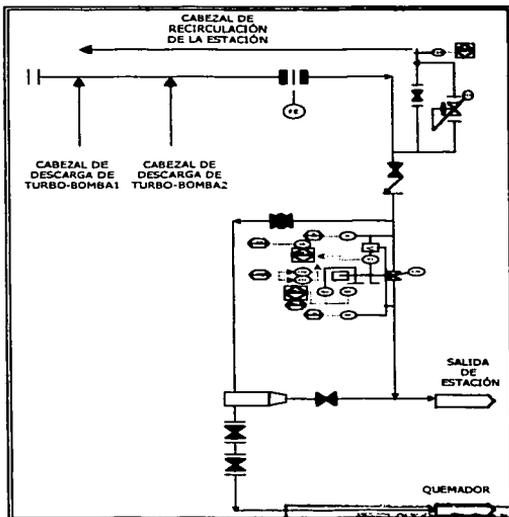
	Posición parcial de cierre o apertura por falla	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta una caída de presión en la descarga de la bomba. • Disminución del flujo. • El Operador de SCADA del CCP y de la estación observan condiciones de baja presión en el cabezal de descarga. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Interruptor de indicación de válvula en transmisión • Transmisor de presión el cabezal de descarga de las bombas 	OPERACIÓN ANORMAL IIA 1,2,5 IB IIC-1,2 IID IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla que presenta.
	- Indicación errónea de posición de válvula. - Falta del RTU/SPC	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar condiciones de presión y flujo antes y después de la válvula. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falta de señal de posición. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA -3,5 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla
	Falta de suministro eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Pérdida de control remoto de la válvula. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • La válvula queda en la última posición. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible falla

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

5. Cabezal de Descarga Principal de Estación

Tubería de 24"Ø, dispuesta de tal forma que sirve como distribuidor del flujo proveniente de las bombas centrífugas y lo dirige hacia la descarga de la estación con dirección hacia la estación posterior. Hay dos transmisores de presión, un elemento de temperatura un transmisor de densidad, un medidor de flujo (placa de orificio), válvula de alivio de presión de descarga, interruptor de flujo, válvula motorizada y trampa de diablo de envío. Los elementos que se encuentran ligados al sistema SCADA de este subistema son:

- Transmisor de presión (PT-114)
- Sensor de temperatura para compensación de flujo de la estación (TE-102)
- Interruptor de flujo de Recirculación (FSH-101/102)
- Válvula a la descarga de la Estación (EOV-106)
- Transmisor de Densidad de LPG de estación (DT-101)
- Transmisor de Presión diferencial para el cálculo de flujo de la estación (PDT-103)
- Interruptor de la válvula de BYPASS de placa de orificio de medición del flujo (ZSC-112)
- Interruptor por alto flujo en recirculación de la estación (FSH-104)
- Botón de paro de estación a la descarga de la estación (XS1-004)
- Válvula de bloqueo en la descarga de la estación (EOV-106)
- Transmisor de presión en la descarga de la estación (PT-117)



INDICE DE COMPONENTES

CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACION

IDENTIFICACION	DESCRIPCION	SERVICIO	DIAGRAMA ESQUEMATICO	SEÑAL EN MM	FUNCION	ALARMA Y/O PARO	PUNTO DE AJUSTE
PT-114	Transmisor de presión del cabezal de descarga LPG	Presión de descarga de cabezal LPG	E-8-DTTs-02	00-PT-114	Indicación de presión	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AP de descarga • Alarma por FS • SSOL por muy AP 	>58 Kg/cm ² <2 or >22 mA > 64 Kg/cm ²
TE-102	Sensor de temperatura para compensación de flujo de la estación.	Temperatura para compensación de flujo estación	E-8-DTTs-02	00-TE-102	Indicación de temperatura para compensación de flujo	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por AT • Alarma por FS 	>28 °C <-30 or >42°C
DT-101	Transmisor de Densidad de LPG de estación.	Densidad de LPG de estación	E-8-DTTs-02	00-DT-101	Indicación de densidad de gas LP	• Alarma por FS	<2 or >22 mA
PDT-103	Transmisor de Presión diferencial para el cálculo de flujo de la estación.	Presión diferencial para cálculo de Flujo de Estación	E-8-DTTs-02	00-PDT-103	Indicación de presión diferencial para el cálculo de flujo de gas LP	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por FS • Alarma de control de flujo desviado 	<2 or >22 mA
ZSC-112	Interruptor de la válvula de BY-PASS de placa de orificio de medición del flujo	BY-PASS de medición (armado)	E-8-DTTs-02	00-ZSC-112	Indicación de paso de flujo a través del by pass de la placa de orificio	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por válvula abierta • Alarma cálculo de flujo válido 	—
FSH-104	Interruptor por alto flujo en recirculación de la estación	Alto flujo de recirculación de estación	E-8-DTTs-02	00-FSH-104	Indicación de alto flujo en cabezal de recirculación de la estación	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por alto flujo de recirculación 	—
XSI-004	Botón de paro de estación e la descarga de la estación	Paro de Unidad asegurado desde botón	E-8-DTTs-02	00-XSI-004	Paro de la estación	• Paro de estación	—
EOV-106	Válvula de bloqueo en la descarga de la estación	Válvula de bloqueo en la descarga de la estación	E-8-DTTs-02	00-EOV-106	Bloqueo de gas LP en la descarga de la estación	—	—
ZI-106A	Indicación válvula EOY-106 en transición	Indicación válvula EOY-106 en transición	E-8-DTTs-02	00-ZI-106A	Indicación de la válvula en transición	—	—
ZO-106A	Indicación válvula EOY-106 abierta	Indicación válvula EOY-106 abierta	E-8-DTTs-02	00-ZO-106A	Indicación de válvula abierta	—	—
ZC-106A	Indicación válvula EOY-106 cerrada	Indicación válvula EOY-106 cerrada	E-8-DTTs-02	00-ZC-106A	Indicación de válvula cerrada	—	—
XA-106A	Orden de Detener válvula EOY-106	Orden de Detener válvula EOY-106	E-8-DTTs-02	00-XA-106A	Orden para detener válvula	—	—
XAO-106A	Orden de Abrir válvula EOY-106	Orden de Abrir válvula EOY-106	E-8-DTTs-02	00-XAO-106A	Orden para abrir válvula	—	—
XAC-106A	Orden de Cerrar válvula EOY-106	Orden de Cerrar válvula EOY-106	E-8-DTTs-02	00-XAC-106A	Orden para cerrar válvula	—	—
HS-106A	Indicación válvula EOY-106 en control local	Indicación válvula EOY-106 en control local	E-8-DTTs-02	00-HS-106A	Indicación de válvula en control local	—	—
HS-106	Control Local	Control Local	E-8-DTTs-02	00-HS-106	Control local	<ul style="list-style-type: none"> • Alarmas de válvula en control local 	—
ZSC-106	Válvula EOY-101, cerrada	Válvula EOY-101, cerrada	E-8-DTTs-02	00-ZSC-106	Interruptor para cerrar válvula	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma de válvula no completamente cerrada 	—
ZSO-106	Válvula EOY-101, abierta	Válvula EOY-101, abierta	E-8-DTTs-02	00-ZSO-106	Interruptor para abrir válvula	• Alarma de válvula fuera de posición	—

P.A. NO SE CONSIDERAN
 TESTES CON

ZT-106	Posición válvula EOV-106	Posición válvula EOV-106	E-B-DTI+02	00-ZT-106	Posición de la válvula	• Alarma de FS de posición de válvula	—
XAC-106	Orden de Cerrar válvula EOV-106	Orden de Cerrar válvula EOV-106	E-B-DTI+02	00-XAC-106	Orden para cerrar válvula	—	—
XAO-106	Orden de Abrir válvula EOV-106	Orden de Abrir válvula EOV-106	E-B-DTI+02	00-XAO-106	Orden para abrir válvula	—	—
XA-106	Orden de Detener válvula EOV-106	Orden de Detener válvula EOV-106	E-B-DTI+02	00-XA-106	Orden para detener válvula	—	—
PT-117	Transmisor de presión en la descarga de la estación.	Presión descarga de estación	E-B-DTI+02	00-PT-117	Indicación de presión de descarga de la estación	• Alarma por AP • Alarma por FS • SSDI por muy AP	>62 Kg/cm ² <2 or >22 mA > 63 Kg/cm ²

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Elemento	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Consecuencias	Severidad de Fallo	Probabilidad o Subseveridad Actual	Forma de Operación Anormal
--------------	----------------------------	---------------	---------	---------------	--------------------	------------------------------------	----------------------------

90	Transmisor de presión del cabezal de descarga LPG PT-114	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor de presión no indica lectura de la variable, pero el OSE y OSM observan condiciones normales en la descarga del cabezal de LPG. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal de presión en el cabezal de descarga Transmisor de presión de salidas de la estación 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual de la bomba auxiliar de aceite de lubricación para determinar la posible falla que se presenta.
		Falla en respuesta cuando se envía la señal.	<ul style="list-style-type: none"> - El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA de ESTACION Y el operador de SCADA MÉXICO apruebo condiciones normales en la estación y en la descarga de la estación. - Se presenta alarma por alta presión en el cabezal de descarga de la estación. - El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal de presión en la descarga de la estación. - Se presenta paro de estación por muy alta presión del cabezal de descarga derivado de una operación sin demanda. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal de presión en el cabezal de descarga Transmisor de presión de salidas de la estación 	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible falla que presenta	

FESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACIÓN**OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.**

		<p>Falsa señal por alta presión.</p> <ul style="list-style-type: none"> El transmisor indica alta presión de gas combustible, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la descarga y en la estación. Se presenta una falsa señal por alta presión de descarga, derivada de una operación sin demanda. El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal de presión en el cabezal de descarga. Se presenta un paro de unidad por muy alta presión, derivado de una falsa señal. 		<p>Critica</p> <p>Paro de estación por muy alta presión del cabezal de descarga.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alta presión en el cabezal de descarga de la estación Alarma por falla de señal de presión en el cabezal de descarga Paro de estación por muy alta presión del cabezal de descarga. Transmisor de presión de salidas de la estación 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA-5 IIB IID IIE-1,2</p>	<p>El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible falla que presenta.</p>
91	<p>Sensor de temperatura para compensación de flujo de la estación.</p> <p>TE-102</p>	<p>Falla total</p> <ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA del CCP y de la estación no observan la señal derivada del sensor, pero notifica al operador de ESTACIÓN para que verifique condiciones normales en la estación. 	<p>No se tienen datos confiables de medición del flujo</p>	<p>Degenerativa</p> <p>No se tienen datos confiables de medición del flujo</p>	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla en señal de temperatura de compensación de flujo 	<p>OPERACIÓN ANORMAL</p> <p>IIA-5 IIB IIE-1,2</p>	<p>El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible causa que origina la falla.</p>

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Prevención o Mitigación Actual	Consecuencias
		Falsa señal por alta temperatura	<ul style="list-style-type: none"> - El transmisor indica alta temperatura de compensación, pero el operador de SCADA aprecia condiciones normales en la descarga de la estación y en la estación. - Se presenta una falsa señal por alta temperatura de compensación de flujo, derivada de una operación sin demanda. - El operador de SCADA verifica alarma por falla de señal de presión en el cabezal de descarga. - Se presenta alarma por falla de señal de la densidad de LPG. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Alarma por falla de señal de densidad de LPG. • Alarma por alta temperatura de compensación de flujo. 	El operador de SCADA debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del sensor y determinar la posible causa que origino la falla
92	Transmisor de Densidad de LPG de estación. DT-101	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> - El transmisor de densidad no indica lectura de la variable, pero el Operador de SCADA del CCP y de la estación observan condiciones normales la estación. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisor de presión diferencial. • Alarma por falsa señal de la densidad de LPG 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIE-1,2 El operador de SCADA debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible causa por la cual se presento la falla.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Código	Descripción del Elemento	Causa	Comentarios	Severidad de Falta	Previsión o Mitigación	Efectos
--------	--------------------------	-------	-------------	--------------------	------------------------	---------

		<p>Falla en respuesta cuando se envía la señal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - El transmisor actúa sin que se presente la señal, pero el operador de SCADA Y el operador de SCADA MÉXICO aprecia condiciones normales en la estación - El operador de SCADA verifica alarma por falla de la señal de presión en la estación. 	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión diferencial. Alarma por falsa señal de la densidad de LPG 	<p>El operador de SCADA debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible causa por la cual se presentó la falla.</p>	
93	<p>Transmisor de Presión diferencial para el cálculo de flujo de la estación</p> <p style="text-align: center;">PDT-103</p>	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El transmisor de presión no indica lectura de la variable, pero el Operador de SCADA del CCP y de la estación observan condiciones normales la estación. Se presenta alarma por falla de señal de flujo de la estación. 	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal de flujo de LPG de estación. 	OPERACIÓN ANORMAL	<p>El operador de SCADA debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible causa por la cual se presentó la falla.</p>

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

No. Evento	Descripción del Componente	Modo de Fallo	Efectos	Comentarios	Severidad de Fallo	Protección o Salvaguarda Actual	Protección o Salvaguarda Propuesta	Consecuencias
		Falla por falsa señal del transmisor	<ul style="list-style-type: none"> El Operador de SCADA del CCP y de la estación observan las condiciones normales del transmisor de presión y el elemento de temperatura para la compensación de flujo y se notifica al operador de ESTACIÓN para que verifique la situación actual del transmisor de presión diferencial. Se presenta una falsa indicación en la señal. Se presenta una alarma por falla señal de flujo de LPG de estación. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por falla de señal de flujo de LPG de estación. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IID IIE-1,2	El operador de SCADA debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible causa por la cual se presentó la falla.
94	Interruptor de la válvula de BYPASS de placa de orificio de medición del flujo. ZSC-112	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El interruptor no indica la posición actual de la válvula, pero el Operador de SCADA del CCP y de la estación observan condiciones normales la estación y notifica al personal de estación para verificar la posición actual de la válvula. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> No se presentan salvaguardas 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IID IIE-1,2	El operador de SCADA debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del interruptor y determinar la posible causa por la cual se presentó la falla

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRÁ EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



		Falsa señal por apertura de válvula	<ul style="list-style-type: none"> Operación sin demanda (el interruptor actúa sin que se presente la señal). Se presenta una alarma por una falsa condición la válvula (abre) sin señal verdadera. El Operador de SCADA del CCP y de la estación pide verificar al personal de ESTACIÓN el interruptor y posición de la válvula de BYPASS. 	Incidente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma de la válvula abierta de bypass de la placa de medición de flujo 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del interruptor y determinar la posible causa por la cual se presenta la falla.
95	Interruptor por alto flujo en recirculación de la estación. FSH-104	Falla total	<ul style="list-style-type: none"> El Operador de SCADA del CCP y de la estación no observan la señal derivada del interruptor de recirculación de la estación, pero observan condiciones normales de operación. 	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> No se identifican salvaguardas 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-2,5 IIB IIC- 4 IID IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible falla que se presenta.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

HOJA DE TABULACION DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Número de Fallo	Descripción del Evento	Causa Probable	Efectos	Gravedad	Medidas de Mitigación	Previsión o Seguimiento	Otras Notas
		<p>Falla en respuesta cuando se envía la señal</p> <ul style="list-style-type: none"> Se presenta una operación sin demanda, el interruptor actúa sin que se presente la señal, pero el OPERADOR DE SCADA DEL CCP Y DE LA ESTACIÓN verifican condiciones normales en el cabezal de recirculación. 		Inoperante	<ul style="list-style-type: none"> No se identifican salvaguardas 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC IIE-1,2	El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible falla que se presenta.
		<p>Falsa señal por alto flujo de recirculación en la estación.</p> <ul style="list-style-type: none"> El interruptor indica una falsa lectura de la variable que hay flujo de recirculación de la estación pero el Operador de SCADA del CCP y de la estación observan condiciones normales de operación en la estación. Se presenta alarma por alto flujo de recirculación derivada de una falsa señal. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por alto flujo de recirculación 		El operador de SCADA del CCP debe notificar al personal de estación para que verifique la condición actual del transmisor y determinar la posible falla que se presenta.
96	<p>Botón de paro de estación a la descarga de la estación.</p> <p>Xs1-004</p>	<p>No hay respuesta de acción</p>	<ul style="list-style-type: none"> Falta de respuesta inmediata a un paro de estación ante una contingencia. El Operador de SCADA del CCP y de la estación no percibe la respuesta de 	Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Paro de estación desde el MMI 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-4,5 IIB IIE-1,2 OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIA	El operador de SCADA necesita determinar la condición por la cual se presentó la falla, por lo tanto notifica al operador de estación para que verifique condiciones actuales del botón de paro

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Número de Fallo	Descripción del Fallo	Causas	Efectos	Consecuencias	Medidas de Mitigación	Presencia de Elementos de Seguridad	Evaluación de Riesgo
-----------------	-----------------------	--------	---------	---------------	-----------------------	-------------------------------------	----------------------

			<p>acción del botón de paro, pero notifica al personal de ESTACIÓN para que se realice la inspección necesaria.</p> <ul style="list-style-type: none"> Se presenta una condición de peligro inminente. Paro de estación en la puerta de salida. 				<p>IIIB IIIC</p>	
97	Válvula en la descarga de la estación E0V-106	Fuga Externa	<ul style="list-style-type: none"> El operador de SCADA ve reflejada una caída de presión en la descarga de la estación pero aprecia condiciones normales en la descarga y en la estación. Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión. 	Crítica Liberación de producto a la atmósfera con un consecuente peligro de explosión.	<ul style="list-style-type: none"> No se identifican salvaguardas 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-2,5 IIB IIC-1,2 IID IIE1,2 OPERACIÓN EN EMERGENCIA IIIA IIIC IIID	<p>El operador de SCADA Necesita determinar la condición por la cual se presenta la falla y notificar al operador de estación para que verifique las condiciones que presenta la válvula.</p>	

TRISIS
C.O.D.
EN
FALLA
A
PT

ESTUDIO DE MMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS ATRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITIRA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.

Código de Falta	Descripción de Falta	Efectos	Consecuencias	Causas de Falta	Medidas de Prevención	Operación Anormal	Recomendaciones
	Falta al Cerrar (Falta en señal Remota, Falsa indicación y Falsa Operación).	<ul style="list-style-type: none"> Continuación de desfogeo del producto. Pérdida de presión en el cabezal de descarga de la bomba. Falta de respuesta inmediata a un paro de estación ante una contingencia. No hay indicación en el OCP de válvula cerrada Falsa posición de válvula. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Indicación de válvula abierta Alarma de válvula no completamente cerrada Cierre manual 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-1,2,5 IIE-1,2	Se recomienda que la válvula de descarga tenga actuador hidráulico
	Falta al Abrir (Falta en señal Remota, Falsa indicación y Falsa Operación)	<ul style="list-style-type: none"> Comando de apertura de válvula no responde. No hay flujo en la salida de la estación. Paro en la estación Se presenta condición anormal del sistema (presurización) Suspensión temporal de suministro al cliente. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Alarma por válvula fuera de posición Alarma de falta de señal de posición de válvula Transmisor de presión a la salida de la estación Apertura manual 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-1,2,3,5 IIE-1,2	Se recomienda que la válvula de descarga tenga actuador hidráulico
	Fuga Interna	<ul style="list-style-type: none"> Paso de fluido por flujo inverso hacia la estación puede presentarse empaque en varias áreas del proceso implicando un alto riesgo para la estación ya que se encuentra en paro. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Transmisor de presión a la salida de la estación 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-5 IIB IIC-1,2 IIE-1,2	Se recomienda que la válvula de descarga tenga actuador hidráulico.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

HOJA DE TABULACIÓN DE FMEA

ESTUDIO DE FMEA APLICADO A ELEMENTOS ASOCIADOS AL SISTEMA SCADA, PARA UNA ESTACIÓN DE BOMBEO DE LPG.

SUB-SISTEMA: CABEZAL DE DESCARGA PRINCIPAL DE ESTACIÓN

OBJETIVO DEL DISEÑO: ESTACIÓN UTILIZADA PARA INCREMENTAR LA PRESIÓN EN EL TRANSPORTE DE GAS LP POR MEDIO DE TURBO-BOMBAS Y LA AUTOMATIZACIÓN DE ESTAS A TRAVÉS DEL SISTEMA SCADA QUE PERMITA EL MONITOREO DE LAS CONDICIONES OPERATIVAS DE LAS MISMAS.



Cierre Súbito	<ul style="list-style-type: none"> Se presenta condición anormal del sistema (presurización) Indicación de válvula en movimiento Indicación de válvula cerrada. Suspensión temporal de suministro al cliente. 		Critica	<ul style="list-style-type: none"> Indicación de posición por cierre de válvula Falsa posición de válvula 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-1,2,5 IIB IIC-1,2 IID IIE-1,2	Se recomienda que la válvula de descarga tenga actuador hidroneumático.
Posición parcial de cierre o apertura por falla	<ul style="list-style-type: none"> Caída de presión en la descarga de la estación. Disminución del flujo de descarga de la estación. 		Degenerativa	<ul style="list-style-type: none"> Interruptor de indicación de válvula en transición Alarma de válvula no completamente cerrada Alarma de válvula fuera de posición Alarma por falla de señal de posición de válvula. 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-2,5 IIB IIC-1,2 IID IIE-1,2	Se recomienda que la válvula de descarga tenga actuador hidroneumático
- Indicación errónea de posición de válvula. - Falta del RTU/SPC	<ul style="list-style-type: none"> El Operador de SCADA del CCP y de la estación verifican condiciones de presión y flujo antes y después de la válvula. 		Incipiente	<ul style="list-style-type: none"> Alarma de falla de señal de posición de válvula 		Se recomienda que la válvula de descarga tenga actuador hidroneumático
Falta de suministro eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> Pérdida de control remoto de la válvula. 		Critica	<ul style="list-style-type: none"> La válvula queda en la última posición 	OPERACIÓN ANORMAL IIA-3,5 IIE 1,2	Se recomienda que la válvula de descarga tenga actuador hidroneumático

TESIS CON
 FALTA DE
 UN

ANÁLISIS DE RESULTADOS

El total de eventos de falla y modos de falla que se obtuvieron fueron los siguientes:

Eventos de falla	97
Modos de falla	248

Los transmisores de presión presentan modos de fallas típicos (falsa señal por alta, baja presión y falla total) estos modos de falla ocasionan que las señales recibidas tengan que ser verificadas por el operador de SCADA del CCP con las condiciones de operación aguas arriba y aguas a bajo de la estación de lo contrario ocasionará alarmas y cierres de válvula derivadas de falsas señales. Se presentarán alarmas por baja y alta presión que actuarán como salvaguardas del elemento (transmisor), además de contar con el transmisor local que permitirá corroborar las lecturas con las que son transmitidas en el cuarto de estación (si esta tripulada).

El no flujo a la estación y una baja presión nos determinará que las válvulas de bloqueo cierren y que no exista el suficiente suministro de LPG a la estación. La presencia de falla total (falsa señal por alta y baja lectura de la variable son modos de falla que presentan los transmisores de presión y los indicadores de flujo, densidad y temperatura, las acciones que tomará el operador será verificar las condiciones normales de operación en la estación y checar las lecturas de las variables en campo con las que se presentan en el cuarto de control (si esta tripulada) para detectar que las indicaciones son derivadas de una falsa señal.

Las fallas que presenta la válvula motorizada (falla total, cierra cuando debe de estar abierta y abre cuando debe de estar cerrada), serán verificadas por el operador de SCADA para minimizar la condición anormal. La válvula abre cuando debe de estar cerrada ó viceversa la acción del operador será verificar condiciones normales de operación en la estación y la indicación de posición de válvula será la salvaguarda que permita visualizar la condición anormal, cuando la válvula no cierra remotamente (falla el sistema de control) el efecto se presentará durante una operación anormal o por actividades de mantenimiento el operador de SCADA no puede cerrar la válvula.

Las falsas señales de posición de válvula tendrán que ser verificadas por el sistema de autodiagnostico para detectar las condiciones anormales de operación

El cierre de válvulas es una condición que ocasiona perdida de presión, flujo, un posible represionamiento y fuga del producto corriente arriba de la estación así como disminución del producto al cliente, además de un posible represionamiento y fuga del producto. Los transmisores de presión a la entrada, las alarmas por alta presión (sistema de linebreak) y la alarma en CCP por cierre de válvula, son salvaguardas que se tienen para seguridad de la estación por cierre de válvula.

Análisis de Modo, Falta y Efecto

Los modos de falla para los Indicadores de presión, densidad, temperatura y flujo (falla total, falsa señal por alta y baja lectura de la variable) no será de consecuencias mayores ya que la operación parecerá normal.

Las fallas del RTU pueden catalogarse como típicas, la presencia de fallas en la tarjetas de e/s, la falla del interruptor de estación a control local y las falsas señales etc., son de vital importancia ya que se podría llegar a perder el monitoreo de la estación y no saber lo que está sucediendo en ese momento. Se activará la alarma de datos cuestionables que permitirá detectar las condiciones anormales de operación, además de la comparación y chequeos en campo de las variables más importantes es otra forma de verificar la información basura que se pueda presentar.

Las fallas que presenta el RTU limitara el enlace con las redes de comunicación y el CCP esto provocara que el operador de SCADA piense que ha perdido la capacidad de monitoreo, el sistema de autodiagnostico tendrá que detectar las condiciones normales de operación y la comparación de las variables de campo serán algunas de las salvaguardas que ayuden a prevenir la condición anormal.

En relación a la severidad de falla se tuvieron los siguientes resultados

Severidad de falla	Total
Falla Crítica	93
Falla Degenerativa	99
Falla Incipiente	56

Las fallas críticas para cada sub-sistema son:

Sub-Sistema	Componentes Críticos	Modos de Falta	Efecto del Sistema
1. Cabezal de Succión Principal de la Estación	Transmisor de Presión (PT-102)	Falsa señal por baja presión.	Paro de estación
	Sistema de Ruptura de línea (XS-105E)	Falsa señal por baja presión.	Paro de estación
		Error en configuración de tarjeta al realizar mantenimiento.	Paro de estación
	Válvula de seccionamiento (EOV-101)	Fuga externa.	Liberación de producto a la atmósfera
	Elemento de temperatura (TE-101)	Falsa señal por alta temperatura.	Paro de estación
2. Cabezales de Succión de Turbo-bombas	Válvula de seccionamiento (EOV-102/4)	Fuga externa.	Liberación de producto a la atmósfera
		Falla al abrir remotamente	Paro de unidad
	Cierre imprevisto	Paro de unidad	
	Transmisor de temperatura (TE-130/132)	Falsa señal de alta temperatura	Paro de unidad
	Transmisor de Presión (PT-107/110)	Falsa señal por baja presión.	Paro de unidad
	Válvula hacia quemador (EOV-107/108)	Fuga externa	Liberación de producto a la atmósfera
Falla al cerrar remotamente		Pérdida de producto	
	Apertura imprevista	Paro de unidad	

Análisis de Modo, Falta y Efecto

Sub-Sistema	Componentes Críticos	Modos de Falta	Efecto del Sistema
3. Turbo-bombas	Sensores de vibración	Falsa señal por alta vibración	Paro de unidad
	Sensor de Temperatura (TE-117/121)	Falsa señal por alta temperatura	Paro de unidad
	Sensor de Temperatura (TE-118/122)	Falsa señal por alta temperatura	Paro de unidad
	Sensor de Temperatura (TE-119/123)	Falsa señal por alta temperatura	Paro de unidad
	Sensor de Temperatura (TE-120/124)	Falsa señal por alta temperatura	Paro de unidad
	Válvula de gas combustible a turbina (FV-145/146)	Falla en suministro eléctrico	Paro de unidad
	Transmisor de presión diferencial (PDT-128/129)	Falsa señal por alta presión diferencial	Paro de unidad
	Transmisor de temperatura (TE-104A/110A)	Falla en respuesta cuando se envía la señal	Paro de unidad
		Falsa señal por alta temperatura	Paro de unidad
	Transmisor de temperatura (TE-104B/110B)	Falla en respuesta cuando se envía la señal	Paro de unidad
		Falsa señal por alta temperatura	Paro de unidad
	Transmisor de presión del gas combustible de turbina (PT-127/132)	Falsa señal por baja presión	Paro de unidad
	Transmisor de presión del gas de arranque de turbina (PT-128/133)	Falsa señal por baja presión	Paro de unidad
	Válvulas solenoides	Falla en el suministro eléctrico	Paro de unidad
	Indicación de flama	Falla total	Paro de unidad
		Falsa señal	Paro de unidad
	Sensor de velocidad	Falla total	Paro de unidad
Falsa indicación por baja velocidad		Paro de unidad	
Sensor de temperatura en turbina	Falsa indicación por sobrevelocidad	Paro de unidad	
	Falsa señal por alta o baja temperatura de dos o más termopares	Paro de unidad	
Transmisores de temperatura del gas de escape	Falla total de los termopares	Paro de unidad	
Transmisores de presión del aceite de lubricación	Falsa señal por baja presión	Paro de unidad	

Análisis de Modo, Falta y Efecto

Sub-Sistema	Componentes Críticos	Modos de Falta	Efecto del Sistema
4. Cabezales de Descarga de las Turbo-bombas	Transmisor de presión (PT-109/112)	Falsa señal por alta presión	Paro de unidad
	Transmisor de temperatura (TE131/133)	Falsa señal por alta Temperatura	Paro de unidad
	Válvula de seccionamiento (EOV-103/105)	Fuga Externa	Liberación de producto a la atmósfera
		Falla al abrir	Paro de unidad
5. Cabezal de Descarga Principal de la Estación	Transmisor de presión (PT-114)	Cierre súbito	Paro de unidad
		Falsa señal por alta presión	Paro de Estación
	Válvula de seccionamiento (EOV-106)	Fuga Externa	Liberación de producto a la atmósfera
		Cierre súbito	Paro de estación
		Falla en el suministro eléctrico.	Pérdida del control remoto de la válvula
	Transmisor de presión (PT-117)	Falsa señal por alta presión	Paro de Estación

Los sub-sistemas Cabezales de Succión de Turbo-bombas, Turbo-bombas y los Cabezales de Descarga de las Turbo-bombas aunque tienen muchos componentes críticos se cuenta con una Turbo-bomba en operación y otra de relevo, que será activada cuando se cumpla con las horas 24,000 horas de operación o algún paro en la Turbo-bomba que se encuentra operando.

Los sub-sistemas más críticos son el Cabezal de Succión Principal de la Estación y el Cabezal de Descarga Principal de la Estación, porque al presentarse algún modo de falla crítico la principal consecuencia será un paro de estación.

La consecuencia al presentarse un Paro de Estación es la suspensión temporal del suministro de gas LP a los Centros Distribuidores y Clientes, teniendo pérdidas en el negocio, adicionalmente las reparaciones necesarias dependiendo de los componentes que lo requieran. El personal que realice las reparaciones y/o el mantenimientos del equipo e instrumentos debe estar capacitado, porque las fallas que pueden tener los componentes pueden derivarse de una mal reparación y/o mantenimiento.

Análisis de Modo, Falta y Efecto

Con relación a los procedimientos que se plantean como mas frecuentes son cuando se presenta una Operación Anormal. Estos procedimientos permitirán la mejora del sistema analizado (ya que serán reducido el riesgo), así como pruebas funcionales periódicas.

PROCEDIMIENTOS				
I	OPERACIÓN NORMAL	A Monitoreo en el Centro de Control	7	
		D1 Determinar qué Instalaciones del Ducto Requieren y Exigen una Inmediata Respuesta para Prevenir Riesgos a la Población (Incidentes o Eventos que Requieren una Inmediata Respuesta)	2	
	II	OPERACIÓN ANORMAL	A1 Investigación de Condiciones de Operación Anormales (Cierre imprevisto de válvulas o Paro de Emergencia)	11
			A2 Investigación de Condiciones de Operación Anormales (Incremento o Decremento en la Presión o en el Flujo Fuera de los Límites de Operación Normales)	27
			A3 Investigación de Condiciones de Operación Anormales (Pérdida de las Comunicaciones)	38
			A4 Investigación de Condiciones de Operación Anormales (Operación de Cualquier Dispositivo de Seguridad)	11
			A5 Investigación de Condiciones de Operación Anormales (Mal Funcionamiento de un Componente, Desviando el Funcionamiento Normal de Operación, o Error del Personal, que Podrían Causar un Riesgo a Personas o Propiedad)	88
			B Corrección de las Causas de las Condiciones de Operación Anormales	87
			C1 Determinación de la Integridad en forma Continua y de la Operación Segura Después de que una Condición Anormal ha Terminado (Datos Operacionales)	91
			C2 Determinación de la Integridad en forma Continua y de la Operación Segura Después de que una Condición Anormal ha Terminado (Procedimiento de Puesta en Operación)	12
C4 Determinación de la Integridad en forma Continua y de la Operación Segura Después de que una Condición Anormal ha Terminado (Cambios de Presión Anormales)			8	
D Corrección de Condiciones de Operación Anormales			69	
III	OPERACIÓN DE EMERGENCIA	E1 Notificación del Personal Responsable de una Condición de Operación Anormal (Recibe la Información)	82	
		E2 Notificación del Personal Responsable de una Condición de Operación Anormal (Registros de la Información)	82	
		E3 Notificación del Personal Responsable de una Condición de Operación Anormal (Notificación Oficial Pública)	1	
		E4 Notificación del Personal Responsable de una Condición de Operación Anormal (Notificación al Personal de la Compañía)	1	
		A Recibir, Identificar y Clasificar Avisos de Emergencia	4	
		B Prompta y Efectiva Respuesta a los Avisos de Emergencia	11	
		C Acciones Necesarias para Minimizar una Condición de Emergencia	11	
		D Control de Desfogues / Relevos de Líquidos y/o Gases Peligrosos	8	
		E Minimizar la Exposición al Pública a Lesiones y Accidentes de Ignición	9	
		F Notificar Emergencias de Fuego a Policía y Otros Oficiales Públicos.	4	
G Listas de Teléfonos de Emergencia	4			

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

La primera categoría incluye procedimientos para la operación normal los cuales direccionan el arranque y paro normal y el diario monitoreo, así como las actividades de vigilancia.

La segunda categoría incluye los procedimientos para la operación anormal, incluso la investigación de condiciones anormales, corrección de condiciones anormales, seguimiento de una operación prolongada de una condición anormal, y los procedimientos de notificación aplicables.

La tercera categoría, operaciones en emergencia, incluye procedimientos para la identificación y respuesta a un evento de emergencia, incluyendo la notificación a bomberos, policía y otros oficiales públicos.

CONCLUSIONES

El FMEA proporciona una evaluación de la confiabilidad cualitativa de los sistemas de instrumentación y control, ya que si se pretende tener un control remoto totalmente automatizado de alguna instalación es necesario que todos los elementos que se encuentren involucrados en el control tengan un desempeño funcional confiable en los periodos de tiempo de operación.

Un FMEA reporta fallas únicas en el equipo, pero no combinaciones de fallas que conducen a accidentes. Por lo común, el enfoque no proporciona un examen directo del proceso, generalmente es utilizado durante o después de que la etapa de diseño detallada ha sido terminada. Ya que la técnica es intencionalmente metódica y el análisis puede requerir tiempo considerable para identificar modelos de fallas de equipo y analizar sus efectos potenciales.

La metodología de los FMEA's es recomendable para analizar un pequeño segmento de un proceso con un alto potencial de riesgo y no para aplicarse a toda la operación de producción o a todo un edificio de operaciones. Debido a que un FMEA tiende a centrarse en los equipos y/o sistemas de instrumentación y control, es posible que no se preste atención suficiente a los factores humanos como: a) omisiones o errores en los procedimientos de operación, b) secuencia incorrectas de arranque y de cierre, c) secuencias de operación incorrectas en las operaciones por lotes y d) otros errores de los operarios.

La fortaleza de esta metodología se tiene en: a) un enfoque metódico en los modos de fallas y sus consecuencias, b) rompe en segmentos los procesos poco usuales para poder someterlos a un análisis crítico y c) es fácil de usar y de documentar si se imparte la capacitación apropiada. Sin embargo sus limitaciones están identificadas en: a) requerimiento de un modelo o diagrama preciso, b) enfocarse en situaciones del tipo "proseguir o detenerse" (instrumentos y equipo) y d) no cuestionar las bases del diseño.

Se debe contar con una bitácora de los modos de fallas que se van presentado durante la operación normal, operación anormal y operación de emergencia para que puedan ser considerados para una futura revalidación (en 5 años) del estudio de FMEA's como se recomienda, ya que al contar con información mas real del sistema en referencia a los modos de falla y su frecuencia se podrá realizar un estudio más veraz, que nos permita contar con un proceso aún más confiable tanto en seguridad para el personal y equipo, como para el negocio.

Se debe contar con personal capacitado para la realización de mantenimiento de los equipos pues si no se realiza un mantenimiento y/o pruebas de funcionalidad adecuadamente el sistema puede sufrir daños que pueden repercutir en la seguridad de las instalaciones, del personal y del negocio.

Es crucial durante las operaciones de arranque y hasta que el sistema esté estabilizado, que las estaciones cuenten con personal de operación local con comunicación directa con los Controladores del Centro de Control Central del SCADA.

Se puede concluir también que este análisis proporciona los principales modos de falla que se pueden presentar en cada elemento integrado al sistema SCADA, así como los procedimientos necesarios con los

que debe contar el personal para una respuesta más efectiva al presentarse algún evento inesperado pero que a su vez ha sido contemplado en el estudio.

Los procedimientos deben incluir tópicos como identificación de problemas incluyendo una lista de condiciones de rangos de operación fuera de lo normal, posibles causas y acciones a seguir. Se debe incluir también el Peligro potencial de las consecuencias. Esta información puede basarse en los resultados de este estudio de FMEA's

BIBLIOGRAFÍA

- i. Rao Kotturu, Steve Bartell, Robin Pittblado, Scott Stricoff, "Manual de evaluación y administración de riesgos, para profesionales en cuestiones ambientales, de la salud y la seguridad", primera edición en español, Mc Graw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V., julio de 1998, México. Pág. 1-8 - 1-35
- ii. Ing. Alfonso Tomás Martínez (Territorio y Medio Ambiente S.A. de C.V., "Los Análisis de Riesgos", Gaceta Ecológica/ Pemex.
- iii. PGPB. Hoja de datos de seguridad para sustancias químicas, gas licuado del petróleo. PEMEX Gas y Petroquímica Básica., febrero de 1999.
- iv. Hiromitsu Kumamoto (Universidad de Kyoto), Ernest J. Henley (Universidad de Houston), "Riesgo Probabilístico Valoración y Administración Para Ingenieros y Científicos". IEEE PRESS. IEEE Reliability Society, patrocinador
- v. Joseph J. Kramer, "Valoración de riesgos y administración de riesgos para la industria de procesos químicos", Corporación de Ingeniería Stone & Webster., Editado por Harris R. Greenberg, Joseph J. Kramer. VAN NOSTRAND REINHOLD, New York. C. 7
- vi. Teoría de la Confiabilidad de Sistemas Modelos y Métodos Estadísticos, Arnjot Heyland y Marvin Rausand, Instituto Noruego de Tecnología. Publicaciones Wiley-Interscience, John Wiley & Sons, Inc
- vii. Robert L. O'Mara, "Risk assessment and risk management for the chemical process industry", Stone & Webster Engineering Corporation. Edited by Harris R. Greenberg and Joseph J. Cramer. VAN NOSTRAND REINHOLD, New York
- viii. Ernest J. Henley (Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Houston), Hiromitsu Kumamoto (Departamento de Mecánica de Precisión, Universidad de Kyoto), "Ingeniería de confiabilidad y Valoración de Riesgos"
- ix. OREDA, offshore reliability data handbook, 2d ed.
- x. Kevin E. Smith and David K. Whittle, "Six steps to effectively update and revalidate PHAs". AIChE, January 2001.
- xi. José Antonio Rojas Nieto, "Nota sobre el gas licuado del petróleo en México". 26 / 04 / 01 http://www.energia.org.mx/analisis_y_opinion/2001/04/gas.html.
- xii. Curso de Administración de Seguridad de los Procesos. DUPONT
- xiii. Curso de Análisis de los Riesgos de Procesos. DUPONT

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN