

3  
2EJ



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

"ANALISIS DE RIESGO POR EL METODO HAZOP  
EN DUCTOS SUBMARINOS.  
CASO DE ESTUDIO: OLEODUCTO DE 36"  $\varnothing$  EN LA  
SONDA DE CAMPECHE"

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
MANUEL BARAJAS ALVAREZ

ASESOR: ANTONIO CARRANZA MONROY.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

271625  
1997

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



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.

PAGINACION

DISCONTINUA.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Análisis de Riesgo por el Método HAZOP en Ductos Submarinos.

Caso de Estudio: Oleoducto de 36" Ø en la Sonda de Campeche"

que presenta el pasante: Manuel Barajas Alvarez  
con número de cuenta: 9450537-3 para obtener el TITULO de:  
Ingeniero Químico

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO

ATENTAMENTE.  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 19 de noviembre de 1998

PRESIDENTE	<u>I.Q. I Alvaro Leo Ramirez</u>	
VOCAL	<u>I.Q. Ariel Bautista Salgado</u>	
SECRETARIO	<u>I.Q. Antonio Carranza Monroy</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>I.Q. Margarita Castillo Agreda</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>M.enC. Eligio Pastor Rivero Martínez</u>	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Dedico este trabajo a mis padres:

Gabriel Barajas Villar

Ma. Elena Alvarez Ramírez

Con mi más sincero respeto y profundo agradecimiento, por su ejemplo y apoyo.

A mis hermanas:

Gabriela y María Elena

A mis amigos:

Elvia, Edgar y Horacio

Por la frase de aliento que me brindaron en los momentos difíciles



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	1
I.1	ANTECEDENTES	1
I.2	MOTIVO DEL ESTUDIO	2
I.3	EXPERIENCIA EN EL GOLFO DE MÉXICO	3
I.4	DEFINICIONES	4
I.5	ALCANCE	6
I.6	ENFOQUE DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO	7
II.	MÉTODO HAZOP	8
II.1	RESUMEN DEL HAZOP	8
II.2	INTRODUCCIÓN DEL HAZOP	8
II.3	METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGO DEL PROCESO	9
II.4	RESULTADOS Y ACCIONES DEL HAZOP	12
III.	REGLAS PARA EL DISEÑO Y OPERACIÓN DE DUCTOS SUBMARINOS	13
III.1	GENERALIDADES	13
III.2	CRITERIO TRANSITORIO PARA LA EVALUACIÓN DE TUBERÍA SUBMA	14
IV.	DATOS Y ESPECIFICACIONES DEL OLEODUCTO DE ESTUDIO	17
IV.1	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	17
IV.2	FILOSOFÍA OPERACIONAL	20
IV.3	INFORMACIÓN DEL OLEODUCTO DE 36"	25
IV.4	PROCEDIMIENTO PARA EL TENDIDO DE LA LÍNEA REGULAR	27
IV.5	PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN PARA LA CURVA DE EXPANSIÓN	37
	DFP-T-01	
	DTI-T-01	
	PA-T-01	
V.	DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP	43
V.1	LISTA DE DESVIACIONES POR NODO	45
V.2	HOJAS DE TRABAJO	46
V.3	RESULTADOS Y ACCIONES DEL HAZOP	80
VI.	CONCLUSIONES	82
ANEXO I	PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN DE CORROSIÓN	I-1
ANEXO II	PLAN DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE UN DERRAME	I-2



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### I. INTRODUCCIÓN

#### I.1 ANTECEDENTES

La primera tubería submarina se instaló durante la Segunda Guerra Mundial, el proyecto se denominó *Operación Pluto* (Pipeline Under the Ocean), con una longitud de 50 km. a través del Canal de la Mancha entre Inglaterra y Francia. El desarrollo en el Golfo de México Norte se inicia en el año de 1958 con la creación de la Federal Power Commission, involucrada en el diseño y construcción de líneas, quedando instaladas al rededor de 150 km. en ese año y entre 1964 y 1968 aproximadamente 2,600 km.

En México se inició la explotación de hidrocarburos costa fuera en el año de 1965, frente a las costas de Tampico y Poza Rica, el 5 de julio de ese año se descubre el Campo "Tiburón", y el 16 de septiembre, el Campo "Atún". En 1975 PEMEX inicia la explotación en la Sonda de Campeche en un área aproximada de 700 km<sup>2</sup>, localizada a 80 kilómetros al noroeste de Ciudad del Carmen. En 1978 se inicia el tendido del oleoducto de 36 pulgadas de diámetro y 160 km de longitud de AKAL-C a Dos Bocas, Tab.

PEMEX, es la compañía petrolera nacional encargada de la explotación, procesamiento y venta del petróleo en la República Mexicana, en su infraestructura con 1900 km de tubería submarina en la Sonda de Campeche, con la que transporta el hidrocarburo hacia las instalaciones de procesamiento u otras instalaciones marinas para su posterior exportación. La producción total de esta zona asciende 2.1 millones de barriles de crudo por día (MMBD) y 1,500 millones de pies cúbicos de gas por día (MMCFD). La mayor parte de estos ductos son de 20, 24 y 36 pulgadas de diámetro, localizados en el fondo marino a profundidades de hasta 80m.

Estas instalaciones han sido diseñadas y evaluadas con normas extranjeras como el API-RP-1111 y DNV'81. Desde octubre de 1997 se aplican los lineamientos del Criterio Transitorio para la evaluación de las líneas submarinas en la Sonda de Campeche. Este criterio fue desarrollado por PEMEX e IMP, como una respuesta a las necesidades de contar con una normatividad propia que tomara en consideración los niveles de producción de crudo y gas, las condiciones de mantenimiento y operación, así como las características oceanográficas y geológicas del área de producción. También considera las consecuencias económicas y ecológicas, las pérdidas de vidas humanas que se tendrían desafortunadamente en caso de presentarse alguna falla.



## 1.2 MOTIVO DEL ESTUDIO

Actualmente los graves accidentes ocurridos en el mundo han sensibilizado a la opinión pública quien ha presionado a los gobiernos para emitir legislaciones. La que en la actualidad rige a México es conocida como "Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente".

En nuestro país, el riesgo ambiental se encuentra contemplado en dicha ley, específicamente en el artículo 5º, capítulos IV y V. Siendo de reciente aplicación y ha venido utilizándose como una herramienta en la evaluación de proyectos y en la regulación de todas aquellas actividades en operación consideradas como altamente riesgosas, con la finalidad de armonizarlas con su entorno, garantizando así la seguridad del personal, evitar impacto al medio ambiente y a la integridad de las instalaciones.

La mayoría de las industrias químicas que han llevado a cabo estudios de riesgo, los han hecho principalmente para cumplir con la legislación ambiental. Dichos estudios tienen dentro de sus objetivos el aprovechamiento de los métodos de análisis de riesgos para mejorar la seguridad en las industrias, que trae como consecuencia el prevenir o minimizar los efectos al medio ambiente, al hombre y a sus bienes en el caso de un evento no deseado.

La "Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental" (LGEPA) entró en vigencia desde enero de 1988, y menciona, que es asunto de alcance general de la nación la regulación de las actividades que deben considerarse altamente riesgosas, debido a la magnitud y gravedad de los efectos que pueden ocasionar un desequilibrio ecológico en el ambiente, y donde se consideran riesgosas las acciones asociadas al manejo de sustancias tóxicas, reactivas, radiactivas, corrosivas o biológicas, que en caso de producirse una liberación, fuga o derrame de las mismas, o bien una explosión, ocasionen una afectación significativa al ambiente, al personal y a las instalaciones.

Lo anterior es aplicable a proyectos nuevos y para regular industrias que ya están en operación y son consideradas de alto riesgo.

Adicionalmente se estableció el "Programa Nacional para la Prevención de Alto Riesgo Ambiental, implementado en abril de 1992, en el cual se solicita a las industrias de alto riesgo de todo el país que presenten un Programa para la Prevención de Accidentes (PPA).



Para cumplir con dichos requerimientos, es necesario como paso previo a la presentación final del Programa de Prevención de Accidentes (PPA), llevar a cabo un estudio de riesgo, en su modalidad de "ANÁLISIS DE RIESGO".

Con lo cuál se obtendrá un panorama completo de la tecnología utilizada en materia de diseño de ductos submarinos, la localización e identificación de las áreas de instalación de los ductos, la ubicación y flexibilidad de los sistemas de prevención y combate de emergencia, las protecciones de seguridad en zonas críticas y los procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad disponibles.

Toda esta información y la considerada para el proceso de producción, permitirá preparar o completar en forma óptima los procedimientos de operación, planes de arranque y paros de emergencia, sistemas de entrenamiento, programas de mantenimiento, etc.

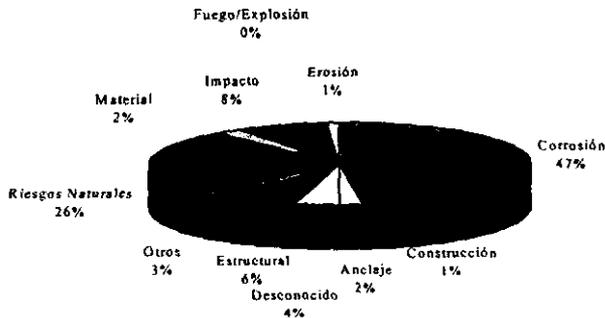
Por todo lo anterior, y de manera complementaria a los proyectos de ingeniería, procura, construcción, limpieza y prueba hidrostática de los ductos, es requisito completamente necesario la realización de un Análisis de Riesgo que utiliza la metodología de Análisis de Operabilidad y Riesgo (HAZOP).

### I.3 EXPERIENCIA EN EL GOLFO DE MÉXICO.

Como resultado de una investigación efectuada por U.S. Minerals Managment Service (MMS), se obtuvo una base de datos sobre el funcionamiento histórico de los ductos en el Golfo de México (Bea, 1997). La base de datos incluye las fallas en ductos en el periodo comprendido entre 1967 y 1997. Estos datos cubren aproximadamente 15,000 millas de ductos submarinos.

La figura I-1 muestra las causas de falla en ductos dentro de las aguas de Offshore

**Figura I-1. Causas de fallas en ductos de OCS en el Golfo de México**





# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Continental Shelf (OCS) en el Golfo de México. Este resumen incluye 2,332 fallas en 10,553 ductos. Una falla es definida como la liberación de hidrocarburo en el ducto sumergido o en el ducto ascendente. La principal causa de falla es la corrosión; alrededor de 50% de las fallas son debidas a la corrosión. Los Huracanes (Riesgos naturales) son responsables de alrededor del 25% de las fallas. El remanente 25% puede ser atribuido a factores humanos.

### 1.4 DEFINICIONES.

Las siguientes definiciones aplican en los términos utilizados a lo largo de este reporte; los cuáles tienen el significado especial dentro del contexto del mismo.

#### HAZOP

Es una técnica analítica y estructurada, utilizada para el Análisis de Riesgo de un Proceso determinado.

Esta metodología es de corte cualitativo ya que puede identificar fallas del diseño, riesgos potenciales y problemas operacionales (dependiendo del nivel o profundidad con la que se desarrolle el análisis).

Se aplican palabras guía a los distintos parámetros del proceso para crear desviaciones de la intención de diseño original. Las desviaciones aplican a puntos o secciones específicas conocidas con el nombre de Nodos.

#### Sistema

Designa por lo general, la combinación de componentes individuales (por ejemplo: Trampa de diablos de envío, tramo de ducto, interconexiones, válvulas de paro de emergencia, instrumentación, trampa de recibo de diablos, etc.), que operan en conjunto y dan por resultado la alimentación al proceso, la recirculación del hidrocarburo, el envío del fluido a otro destino o el desvío hacia otro destino, etc.,

#### Nodo

Es un punto o sección del Sistema en el cual se pueden presentar las siguientes condiciones:

- Una transferencia de materia o energía.
- Un incremento de energía potencial debido a medios mecánicos, tales como bombas o compresores.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

- Una separación de fases.

La mayoría de los nodos están *incluidos* o localizados sobre el ducto por lo que comúnmente reciben el nombre de "en línea".

Otra clase de nodos que puede *incluirse* son del tipo "equipo", tales como recipiente, compresor, tanque o reactor, los cuales no se aplican para el tipo de sistema aquí analizado

### **Propósito**

Describe la forma en que se espera funcione el elemento analizado, pudiendo tomar *varias formas* tales como línea, recipiente o bomba.

### **Desviaciones**

Son los cambios que se presentan a propósito y se descubren por medio de la aplicación sistemática de palabras clave utilizadas en el desarrollo de la metodología de HAZOP, posteriormente descrita.

### **Causas**

Son los motivos por los que se *pueden* presentar las desviaciones. Cuando se demuestra que una desviación tiene una causa real, se considera como una **desviación significativa**.

### **Consecuencias**

Son los resultados que se obtendrán en caso de que se presentaran algunas desviaciones.

### **Medidas de Seguridad**

Son las medidas de seguridad con que cuenta el sistema, para cada causa, con el propósito de prevenir o mitigar las consecuencias asociadas.

### **Recomendaciones**

Para todas las causas identificadas y tomando como base las consecuencias de ocurrencia y medidas de seguridad existentes en el lugar, se proponen adicionalmente las recomendaciones necesarias, encaminadas a lograr un Índice de Riesgo Mejorado para la instalación analizada.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### **Hallazgo**

Es una condición identificada dentro de un sistema o relacionada con la operación del ducto.

### **1.5 ALCANCE DEL ESTUDIO**

El alcance del estudio consiste en realizar un "Análisis de Riesgo" en su modalidad de HAZOP (Análisis de Operabilidad y Riesgo) para ductos submarinos.

Debido a las características metodológicas requeridas para desarrollar la técnica de HAZOP es necesario incluir información básica de proceso correspondiente a las plataformas, ya que el funcionamiento operacional de este sistema depende de las instalaciones mencionadas.

A continuación se presentan las fallas operacionales consideradas en el alcance de este estudio de HAZOP, así como otras fallas de interés tales como mecánicas, de protección del ducto, fallas debido a efectos ambientales y causas externas que también están comprendidas dentro del alcance global de este trabajo.

#### **Fallas de operación**

- Bloqueo de válvulas manuales.
- Fallas por variación de presión.
- Fallas por variación de flujo.
- Alta concentración de compuestos corrosivos.
- Accionamiento accidental del sistema de paro de emergencia.
- Falla del sistema de accionamiento neumático de gas.

#### **Fallas mecánicas**

- Junta de aislamiento y bridas giratorias.
- Empaques de válvulas y bridas.
- Sobretensión de línea.

#### **Fallas de protección del ducto**

- Sistema de protección catódica.
- Recubrimiento interno/externo del ducto.



**Fallas debido a efectos ambientales y causas externas**

- Cargas por corrientes.
- Corrosión.
- Impacto marino.
- Impactos por objetos caídos.
- Interacción con objetos marinos ocasionadas por terceras personas.

Este análisis de ductos, mediante la metodología de HAZOP, tiene como alcance terminal la identificación de los riesgos potenciales de la instalación, así como el establecimiento de una serie de recomendaciones tendientes a obtener un nivel de riesgo mejorado e identificar las acciones necesarias para lograr un adecuado mantenimiento y operación segura de este sistema.

**1.6 ENFOQUE DE EJECUCIÓN DEL ESTUDIO**

La forma en que se llevó a cabo el estudio fue mediante una revisión sistemática y ordenada de la documentación básica utilizada para el diseño del oleoducto, la cual se indica a continuación:

- Bases de diseño.
- Diagrama de flujo de proceso.
- Diagrama de tubería e instrumentos.
- Plano de localización y de interconexiones de ductos submarinos que conforman el campo "CANTARELL".
- Hojas de especificación de equipos, válvulas automáticas, accesorios e instrumentos.
- Documentación de ingeniería de detalle.

Dicha información fue analizada, procesada y configurada, tomando como directriz la metodología de HAZOP.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### II. MÉTODO HAZOP

#### II.1 RESUMEN DEL HAZOP

La metodología utilizada sigue las siguientes directrices

Software especializado, utilizado como base para desarrollar la metodología de HAZOP

Los lineamientos metodológicos establecidos por las siguientes entidades:

- Center of Chemical Process Safety (CCPS) by American Institute of Chemical Engineers.
- Método HAZOP diseñado por la compañía inglesa ICI.

El reporte contiene los resultados y acciones acordadas por el grupo de HAZOP, las cuales están plasmadas en las hojas de trabajo de HAZOP.

#### II.2 INTRODUCCIÓN DEL HAZOP

La identificación de riesgo del proceso y el examen de las formas de reducir o eliminar el riesgo que pueda afectar al personal, instalaciones y al medio ambiente, son las metas de seguridad de esta metodología.

El estudio de riesgos y operabilidad de "Palabra Guía" (HAZOP) se seleccionó como la metodología adecuada para este estudio de Análisis de Riesgos del Proceso (ARP).

Esta metodología es apropiada para este tipo de sistema, y es aceptada ampliamente en la industria petrolera mexicana ya que satisface los requerimientos del (ARP) enmarcados en los API (RP 75), "Recommended Practices for Development of Safety and Environmental Management Program for Outer Continental Shelf (OCS) Operations and Facilities" (last edition), API RP 14J, "Recommended Practice for Design and Hazards Analysis for Off-shore Production Facilities", (last edition), , API RP 14J, "Recommended Practice for Design and Hazards Analysis for Off-shore Production Facilities" (last edition), API RP 14C, "Recommended Practice for Analysis, Design, Installation, and Testing of Basic Surface Safety Systems on off-shore Production Platforms".



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

La metodología HAZOP de "Palabra Guía" es un análisis riguroso, estructurado, en el cuál tales palabras guía son combinadas con los distintos parámetros del proceso para examinar posibles desviaciones de la operación en puntos seleccionados como clave en las distintas etapas del proceso.

Las palabras guía utilizadas incluyeron no, más (superior), menos (inferior), diferente, etc. Los parámetros del proceso examinados incluyeron flujo, temperatura, presión, nivel y composición, etc.

### II.3 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS DE RIESGO DEL PROCESO

En la práctica recomendada 75 del API y en los lineamientos del CCPS se incluyen varias técnicas del ARP. La metodología de HAZOP se considera como la técnica apropiada para este proyecto debido a que garantiza un examen riguroso de los riesgos del proceso dentro del sistema construido, además de que identifica claramente los problemas potenciales de tipo operacional que pueden convertirse en "eventos graves".

#### **Metodología del Estudio de HAZOP de "Palabra Guía"**

El estudio de Riesgos y Operabilidad (HAZOP) es un método disciplinado que proporciona a un grupo de ARP los medios para visualizar los móviles por los cuales el proceso puede fallar, tener un mal funcionamiento u operación incorrecta.

La identificación de los riesgos asociados con el procesamiento y manejo de gas amargo es la parte central del HAZOP.

Dentro del HAZOP, el proceso sujeto a investigación es "cuestionado" sistemáticamente para determinar las consecuencias (riesgos) de las desviaciones del diseño original, o de la operación normal del proceso.

La premisa de la técnica de HAZOP consiste en que puede existir un problema si el proceso se desvía de sus parámetros de diseño.

La base de la investigación de HAZOP es la desviación, que puede ocurrir sólo si el parámetro del proceso que se está estudiando se encuentra fuera del rango deseado.

Las "palabras guía" se combinan con el parámetro del proceso para obtener una desviación hipotética del propósito del diseño, siendo dichas "palabras guía" las herramientas utilizadas para dirigir sistemáticamente el HAZOP.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

El primer paso en el estudio del HAZOP es seleccionar los puntos donde se examinarán las desviaciones del proceso, llamadas "nodos". El grupo de ARP, revisa los DTI's para seleccionar los nodos que se consideraron.

Todos nodos están numerados con el propósito de llevar los registros necesarios. Esta numeración de nodos aparecen en los DTI's.

El número correspondiente al nodo involucrado aparece en el encabezado de cada hoja de trabajo de HAZOP.

El primer concepto que se obtiene en todos los casos al examinar una desviación en especial es la "consecuencia" potencial para ese nodo.

Si no existe ninguna consecuencia, o sólo se obtiene una insignificante, generalmente dicha desviación no se discute a fondo. Esto permite al grupo concentrarse en las desviaciones que pueden causar condiciones inseguras o problemas de operación.

Cuando surge una desviación que puede causar condiciones inseguras o problemas de operación, se discuten y registran las posibles causas y consecuencias en las columnas de "CAUSA" Y "CONSECUENCIA", respectivamente.

La técnica de estudio de HAZOP de "Palabra Guía" utilizada en este análisis incluye la documentación de las consecuencias razonables en el peor de los casos para una desviación, sin considerar las precauciones existentes. Esto permite al grupo de ARP examinar los riesgos o consecuencias asociadas con fallas de controles de ingeniería y administración para estas unidades.

Una vez que se evalúan y documentan las consecuencias, el grupo se enfoca en la identificación de las "MEDIDAS DE SEGURIDAD" existentes para la desviación. Si éstas no existían, el grupo de ARP emite "RECOMENDACIONES" para mejorar la seguridad de la operación.

Si las MEDIDAS DE SEGURIDAD del sistema, como instrumentación, alarmas y paros, válvulas de alivio o acciones de operador pudieran ayudar a mitigar la situación, la respuesta esperada del sistema se incluye en la columna de MEDIDAS DE SEGURIDAD en la hoja de trabajo de HAZOP.

Si después del análisis se decide que es necesario un cambio para mejorar la seguridad u operabilidad, dichas sugerencias se anotan en la columna de RECOMENDACIONES.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Las palabras guía son:

Palabras guía	Significado	Comentarios	Desviación
No, nada	Total negación de la intención	Ninguna parte de la intención ocurre	No existe flujo donde debiera. No existe energía.
Más, mayor	Aumenta el grado de la intención	Se refiere a cantidades y propiedades	a Mayor flujo, más tiempo reacción, alta temperatura, presión viscosidad.
Menos, menor	Disminuye el grado de la intención	Se refiere a cantidades y propiedades	a Menor flujo, menos tiempo reacción, baja temperatura, presión, viscosidad.
A parte de, también	Un aumento cualitativo	La intención ocurre junto con otra actividad	Otras fases, impurezas, otros flujos, a parte existe corrosión.
Parte de, sólo parte de	Una disminución cualitativa	Algunas intenciones ocurren, otras no	Composición diferente, alguna omisión en adicional.
Contrario a	Ocurre lo opuesto a la lógica	Ocurre lo contrario a lo que se esperaba	El flujo se regresa, el producto se envenena.
En vez de, antes de, después de, a donde más	Sustitución completa	Ocurre algo totalmente distinto a lo esperado	En vez de cargar "A" se carga "B", en vez de enfriar, calentar.



#### II.4 RESULTADOS Y ACCIONES DE HAZOP

Las notas de discusión de desviaciones y las recomendaciones de HAZOP (hojas de trabajo), se presentan en la sección 5.1.

No todas las desviaciones se registraran completamente, debido a que una desviación en algunas ocasiones producirá consecuencias insignificantes o ninguna.

##### **Interpretación de las Hojas de Trabajo de HAZOP**

Los siguientes puntos aplican al leer las hojas de trabajo:

- Para cada nodo, en la primer columna se listan los diversos rubros o variables que pueden sufrir una desviación.
- La siguiente columna indica la causa o causas que pueden originar la desviación.
- La tercer columna indica los resultados que se pueden obtener como consecuencia de esa desviación.
- La cuarta columna indica las medidas de seguridad que existen en el sistema para evitar al máximo posible que ocurra la desviación.
- La quinta columna indica las recomendaciones que se deben de tomar para dar soporte a esas precauciones y en caso necesario, corregir los manuales o procedimientos para incluirlas en ellos.



### III. REGLAS PARA EL DISEÑO Y OPERACIÓN DE DUCTOS SUBMARINOS.

#### III.1 GENERALIDADES

La gestión y actualización de códigos reglamentarios y normas, generalmente son producto de eventos extraordinarios. Tal es el caso del "Criterio Transitorio para el Diseño y evaluación de Líneas Submarinas en la Sonda de Campeche", el cual fue motivado por el paso del Huracán Roxanne durante octubre de 1995. PEMEX Exploración y Producción (PEP), cuenta con una infraestructura marina para la explotación de hidrocarburos de aproximadamente 1900 Km. De líneas submarinas con servicio oleoductos, oleogasdutos, acueductos y otros servicios. Con esta infraestructura, PEP maneja una producción de crudo de aproximadamente 2.1 millones de barriles por día (MMBD) y una producción de gas del orden de 1,500 millones de pies cúbicos por día (MMPCD). Estos niveles de producción ubican a la Sonda de Campeche como una de las regiones de mayor producción a nivel mundial.

Las instalaciones marinas están sujetas a efectos ambientales extremos y a prácticas de operación propias de la zona de interés, por lo que deben ser diseñadas o evaluadas de acuerdo con normas y estándares que reflejen estas características locales, así como las condiciones económicas propias del país. Como resultado de extensivos estudios que se han realizado al respecto, y otros complementarios que actualmente se encuentran en proceso, se establecerá la normatividad propia para el diseño, construcción, instalación, inspección, inspección, mantenimiento y evaluación de instalaciones marinas en la Sonda de Campeche, así como la evaluación de la integridad estructural de las líneas existentes, ante la presencia de daños o posible incremento de cargas y/o de su capacidad de producción, fue necesario desarrollar el Criterio Transitorio para regular estas actividades.

Además del criterio transitorio, se utilizan las siguientes guías de diseño:

- API-RP-1111, Recommended Practice for "Design, Construction, Operation, and Maintenance of Offshore Hydrocarbon Pipelines", Segunda Edición, noviembre de 1993.
- ASME B31.4, "Liquid Transportation Systems for Hydrocarbons, Liquid Petroleum Gas, Anhydrous Ammonia, and Alcohols", 1992.
- ASME B31.8, "Gas Transmission and Distribution Piping Systems", 1995.
- ASME B31.g, "Manual for Determining the Remaining Strength of Corroded Pipelines", 1991.
- Det Norske Veritas (DNV), "Rules for Submarine Pipeline Systems", 1981.
- Det Norske Veritas (DNV), "Rules for Submarine Pipelines Systems", 1996
- American Gas Association (AGA), "Submarine Pipeline on Bottom Stability"



### III.2 CRITERIO TRANSITORIO PARA EVALUACIÓN DE TUBERÍA SUBMARINA

Este criterio establece los requerimientos mínimos que deben ser cumplidos para el diseño y evaluación de las líneas submarinas en lo correspondiente a:

- Espesor de pared mínimo por presión interna.
- Espesores de pared por margen de corrosión.
- Espesor de lastre de concreto requerido por estabilidad hidrodinámica.

#### III.2.1 DISEÑO ESTRUCTURAL

Determinación del espesor de pared del tubo

##### a) *Por presión interna*

El espesor de pared ( $t_p$ ) requerido por el tubo para resistir la presión interna máxima de diseño a que estará sujeta la línea, se debe calcular con la siguiente expresión;

$$t_p = \frac{DP}{2(SMYS)f}$$

Donde:

$t_p$  = Espesor de diseño requerido por presión

D = Diámetro exterior del tubo

P = Presión de diseño (interna-externa) a que está sujeta el tubo <sup>(1)</sup>

SMYS = Esfuerzo de fluencia mínimo especificado del tubo

f = factor de diseño

(1) La presión externa para esta revisión considerará una columna de agua igual a la menor profundidad en que se encuentre la línea.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### *b) Adicional por corrosión*

El espesor adicional por margen de corrosión ( $t_c$ ) se considera para una vida útil de 20 años y se establece de la siguiente manera:

- En la línea regular se debe considerar una tolerancia por corrosión de 0.125".
- Para el ducto ascendente, curva de expansión y ramales, se debe considerar una tolerancia por corrosión de 0.200".

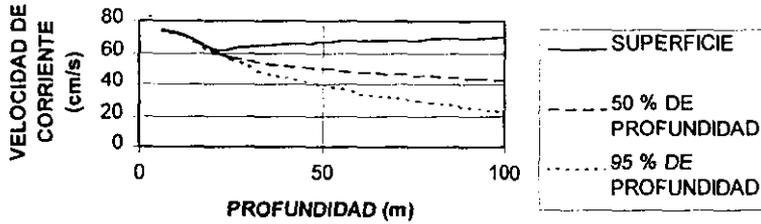
Los valores indicados anteriormente pueden ser modificados si se cuenta con resultados estadísticos en la medición de espesores de al menos cinco años en el manejo del producto correspondiente y de la eficiencia de los sistemas de prevención o control de corrosión que se adopten. Dichos valores deben estar avalados por PEP-IMP.

### **III.2.2 ESFUERZOS EN LÍNEA REGULAR, DUCTO ASCENDENTE, RAMALES Y CRUCES SUBMARINOS.**

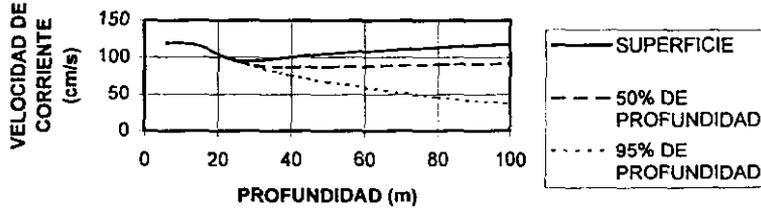
Las líneas regulares, los ductos ascendentes, así como los ramales y cruces submarinos parcialmente enterrados y superficiales, deben revisarse estructuralmente bajo combinación de cargas hidrodinámicas producto de una tormenta de 100 años de periodo de retorno y cargas generadas por condiciones de operación, considerando los mismos parámetros del suelo, direccionalidad de corriente y oleaje utilizados en el diseño para estabilidad hidrodinámica (ver Figs. III.1 y III.2).



**FIG. III.1 VELOCIDAD DE CORRIENTE EN LA SUPERFICIE, A 50% Y 95% DE PROFUNDIDAD (Tr = 10 años)**



**FIG. III.2 VELOCIDAD DE CORRIENTE EN LA SUPERFICIE, A 50% DE PROFUNDIDAD Y 95% DE PROFUNDIDAD (Tr = 100 años)**





# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### IV. DATOS Y ESPECIFICACIONES DEL OLEODUCTO DE ESTUDIO

En el presente capítulo se presentan los datos y las bases de diseño del caso de estudio: un oleoducto de 36" de diámetro y 30 Km de longitud entre el complejo AKAL-J y la unidad de almacenamiento y descarga flotante FSO, en la Sonda de Campeche.

#### IV.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El crudo proveniente de la segunda etapa de separación en el complejo AKAL-J, es enviado al cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de almacenamiento y descarga flotante (FSO) mediante un oleoducto de 36" de diámetro por 30 Km. de longitud.

Para realizar la operación de bombeo del fluido de proceso, en este caso crudo, se utiliza un sistema de turbobombas, de operación continua y ambiente interno de gas combustible, instalado en la plataforma de producción AKAL-J-1.

El sistema consta, de manera general, de los siguientes componentes:

AKAL-J	PLEM
Válvula de bloqueo de 36"Ø en trampa de diablos	Válvula de bloqueo 36" Ø en cabezal principal de llegada
Válvula automática para paro de emergencia	Válvulas de 16" Ø en disparos a FSO
Junta aislante	
Brida giratoria	Brida giratoria
Curva de expansión	Curva de expansión
Ducto ascendente	Ducto ascendente
Ducto submarino	Ducto submarino



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Cabe señalar que la válvula de paro de emergencia SDV-3020, mencionada en la tabla, presenta un accionamiento independiente de las desviaciones que puedan presentarse durante la operación, y será accionada remotamente cuando el personal correspondiente lo considere necesario.

El oleoducto cuenta con una válvula de paro de emergencia en AKAL-J utilizada para su aislamiento en caso de alguna fuga o ruptura.

En la trayectoria del oleoducto cruzan 12 ductos submarinos.

En el oleoducto de 36" de diámetro, se tiene implementado un disparo de 36" acondicionado con válvula y terminado en brida ciega, la cual esta considerada como una conexión futura para la plataforma AKAL L, tal como se indica en los diagramas de flujo de proceso y de tubería e instrumentación DFP-T-1 y DTI-T-1, respectivamente.

El material del oleoducto es de especificación API-5L-X65, teniendo una longitud aproximada de 30 Km, contando con una capacidad para el manejo de un flujo volumétrico de 800 MBD de crudo, con una densidad promedio de  $900 \text{ Kg/m}^3$ .

Las condiciones operacionales del sistema corresponden a una presión máxima de  $77 \text{ Kg/cm}^2$  y a una temperatura de operación máxima de  $69^\circ\text{C}$  y  $60^\circ\text{C}$  en AKAL-J y el PLEM, respectivamente. Teniéndose además una temperatura ambiente promedio de  $22^\circ\text{C}$  y una diferencia de temperaturas de  $47^\circ\text{C}$  y  $30^\circ\text{C}$  en AKAL-J y en el PLEM respectivamente.

Este oleoducto cuyo origen deriva del cabezal de descarga del sistema de turbobombas instalado en la plataforma de producción E-AJ-1 del complejo de AKAL-J es proyectado hacia la zona de la trampa de envío de diablos HR-3020, de donde la línea principal (con válvula completamente abierta en operación normal) corre en forma aérea hasta llegar al "riser" en AKAL-J para convertirse a continuación en una línea submarina de aproximadamente 30 Km. de longitud.

Al final de su trayecto, esta línea submarina sube a través de la sección del ducto ascendente localizado en el PLEM, terminando en un cabezal de distribución del que se ramifican dos disparos proyectados a la unidad de almacenamiento y descarga flotante FSO localizada en el Km. 31 +560 aproximadamente (ver DFP-T-01).

Dichos disparos terminan en conexiones bridadas para el abastecimiento del crudo, con válvulas para ductos ascendentes flexibles, localizados debajo de la boya. También proporciona una válvula de 36 pulgadas conectada a la parte extrema del



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

cabezal de llegada principal al PLEM, así como una trampa de diablos temporal desmontable de recibo de instalación futura.

Del oleoducto proveniente de la plataforma de producción AKAL-J-1, se deriva un disparo con válvula de accionamiento rápido interconectado al lanzador de diablos HR-3020, utilizado como línea de pateo de diablos de limpieza o instrumentados, requeridos para la inspección y mantenimiento del sistema de tubería.

Se cuenta con instalación de carretes de monitoreo distanciados a cada kilómetro del ducto submarino, para fines de control del diablo instrumentado.

A través de la trayectoria de los 30 km de esta línea se cruzan 12 líneas, que van desde 8 a 36 pulgadas de diámetro.

### COMPOSICIÓN DE LA CORRIENTE

Para crudo:

COMPONENTE	% MOL	PM	API
Nitrógeno	0.23	28	
Dióxido de Carbono	1.47	44	
Ac. Sulfhídrico	0.82	34	
Agua	1.36	18	
Metano	38.11	16	
Etano	11.1	30	
Propano	4.92	44	
I-Butano	0.76	58	
N-Butano	2.64	58	
I-Pentano	0.96	72	
N-Pentano	1.02	72	
N-Hexano	1.97	86	
Corte 1	2.48	84.0	67.90
Corte 2	2.77	103.0	60.70
Corte 3	2.94	115.0	55.10
Corte 4	2.52	129.0	51.20
Corte 5	2.05	141.0	48.20
Corte 6	1.45	157.0	44.20
Corte 7	1.42	170.0	42.30
Corte 8	1.44	181.0	39.50
Corte 9	17.58	504.0	13.10
Total	100.00		



## IV.2 FILOSOFÍA OPERACIONAL

Parte del crudo proveniente de la segunda etapa de separación en el complejo AKAL-J, es enviado al cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO), mediante el oleoducto 36" P-3020 cuya especificación es la de una tubería API 5L grado 65 tal como se indica en el Diagrama de Tubería e Instrumentos DTI-T-01.

Para realizar la operación de bombeo del hidrocarburo separado en la Plataforma de Producción AKAL-J1, se utiliza un sistema de turbobombas de crudo, que puede ser de operación continua o intermitente y cuyo ambiente interno es a base de gas combustible.

Las características y filosofía operacional de este sistema se establecen a continuación:

### **Turbobombas de Crudo (Plataforma de producción AKAL-J-1)**

El sistema típico está constituido por una cámara de combustión enteramente metálica y altamente eficiente, capaz de quemar una amplia variedad de combustibles destilados líquidos o gaseosos.

Como parte del sistema, se cuenta con un compresor multietapas al cual entra el aire en condiciones atmosféricas, de tal forma que al interactuar con las hileras sucesivas de los álabes del rotor y del estator, se produce un aumento constante de la presión.

Los gases a temperatura elevada desde la cámara de combustión son parcialmente dilatados por medio de una turbina del compresor, directamente acoplada a éste. Conjuntamente forman un generador de gas cuya salida es variada automáticamente dependiendo de la carga.

En la turbina motriz se produce la expansión de los gases a presión atmosférica, la cuál es independiente del sistema de rotor del generador de gas ya que va acoplada a la máquina accionada. Se trata de una turbina de gas de ciclo abierto simple, equipada con turbina motriz simple.

El compresor es del flujo tipo axial multietapas, operando a una presión de descarga de 4 atmósferas, a plena carga.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Durante el arranque y para el periodo de enfriamiento después de los paros, el aceite lubricante es suministrado por una bomba auxiliar de lubricación, accionada por motor eléctrico de corriente continua.

Con el fin de proporcionar velocidades de eje de potencia de salida de 1200, 1500 y 1800 RPM, la máquina tiene incorporado un engranaje reductor. Para lograr esto se cuenta con un variador o regulador de velocidad de tipo hidráulico, el cuál controla la cantidad de combustible liberado a la cámara de combustión.

Es accionado por engranajes desde la turbina motriz, siendo capaz de controlar la turbina en una gama completa de potencias, logrando con ello que la velocidad de salida sea gobernada entre 50 y 100% de velocidad plena.

La turbina está equipada con dispositivos de paro de equipo debido a las siguientes causas:

- Baja presión de aceite de lubricación
- Alta temperatura de aceite lubricación o de ciclo
- Alta velocidad (sobrevelocidad)
- Falla de flama

En caso de generarse una temperatura demasiado alta del aceite de lubricación o del ciclo se accionará una alarma visual y sonora, antes de llegar a los valores de paro del equipo.

### **Tramo de Oleoducto de 36" comprendido entre la descarga de la Estación de Turbobombas y la llegada a la trampa de diablos HR-3020**

Adicionalmente al sistema de bombeo, en la plataforma AKAL J-1 el oleoducto 36"-P-3020-DS7 cuenta con una válvula de accionamiento automático, la cual en operación normal se encuentra totalmente abierta, debiendo cerrar únicamente en el caso de una acción de emergencia debido a alguna fuga o ruptura en el ducto, lo cuál implica una alteración en las condiciones de operación normal del sistema.

Dicha línea cuenta además con un interruptor de baja presión (PSL) del cual sale una señal de alarma por baja presión en la PC del cuarto de control distribuido de donde se generará una señalización para el accionamiento de un Sistema del Paro de Emergencia que desencadena el cierre automático de una válvula de bola con



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

actuador neumático SDV-3020, localizada sobre la línea principal, corriente abajo del instrumento de presión antes mencionado.

También se cuenta sobre esta línea un indicador de presión local (PI) y un transmisor de presión (PT), del cual se envía una señalización de registro de presión a la PC del cuarto de control distribuido.

### **Trampa de diablos HR-3020**

El ducto proveniente de la estación de bombeo es proyectado al área de la trampa de diablos de envío HR-3020, de 42" x 36" de diámetro y 600 lb. de presión.

Este equipo cuenta con los siguientes elementos:

- Manómetro con conexión de ¾".
- Línea de drenado de 4"-CA-3250-D57A con válvula integrada.
- Válvula de seguridad diseñada por expansión térmica de líquido con descarga al quemador, cuyo diámetro es de ¾" y está montado sobre la línea ¾"-DA-3041-D57A.
- Válvula de venteo, alineada a la descarga de la válvula de relevo también proyectada a quemador, con identificación de línea: 1"-DA-3040-D57A.
- Indicador de paso de diablo (XI), con conexión de 1 ½".
- Línea de pateo provista de válvula de paso completo de apertura rápida con identificación 12"-P-3023-D57A.
- Línea de salida principal con válvula de paso completo de 36" de diámetro. La identificación de la línea es 36"-P-3021-D57A y su especificación API-5L-X65, contando además con un indicador de paso de diablo XI-3020.

Las interconexiones de pateo, de drenaje y la línea principal de esta trampa permanecen cerradas en condiciones normales de operación, de tal forma que el tramo aéreo de línea de 36" proveniente de la Estación de Turbobombas "bypass" a dicha trampa, transportando el hidrocarburo en forma directa hasta el cabezal de distribución (PLEM), para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO).



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### **Tramo de Oleoducto de 36" comprendido entre la Trampa de diablos HR-3020 y la Línea Submarina**

Esta línea cuenta con una válvula SDV-3020 de accionamiento automática, provista con actuador neumático y solenoide. La SDV-3020 en operación normal permanece completamente abierta, debiendo cerrar remotamente, únicamente en el caso de una acción de emergencia a juicio del personal de seguridad encargado de su operación.

Lo anterior implica que el accionamiento de la SDV-3020 es independiente de las desviaciones de los distintos parámetros operacionales que puedan presentarse durante la operación normal.

El sistema de paro de emergencia también puede ser accionado ya sea por un interruptor manual (HS) disponible en tablero local o en la PC del cuarto de control distribuido. En ambos casos el accionamiento de este sistema genera el cierre de la válvula de corte SDV-3020.

Una variable de proceso que puede accionar el sistema de paro de emergencia es una alta presión a la salida del separador de gas, localizado en AKAL-J-1.

La válvula de corte automática SDV-3020 está interconectada a interruptores de posición ZSO-3020 y ZSC-3020, para apertura y cierre de la válvula, los cuales envían a la PC de cuarto de control distribuido señales para indicación de posición de apertura o cierre ZIO-3020 y ZIC-3020, respectivamente.

### **Línea Submarina de 36"**

Posterior a la válvula de corte, se circula el fluido de proceso hacia la línea submarina, hasta llegar al (PLEM) de distribución. Es importante señalar que la especificación de la línea submarina tiene variaciones de espesor, siendo de 0.875" en el tramo comprendido entre el Km. 0+000 y 15+108. En este punto hay un incremento de espesor, debido al aumento del tirante de agua, el cuál alcanza un valor de 58 m y hasta 81.5 m, conservándose hasta el Km 31+ 631, punto en el cuál se reduce el espesor al valor del tramo inicial.

Existe una preparación con válvula y brida ciega de 36" de diámetro que en futuro será una interconexión proveniente de la plataforma AKAL-L, de tal forma que la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSL) podrá ser abastecida por cualquiera de las dos plataformas, dependiendo de la disponibilidad, demanda y programas de abastecimiento establecidos por PEMEX Exploración y Producción.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Al final de su trayecto, esta línea submarina de 36" sube por la sección del ducto ascendente localizado en el (PLEM), terminando en un cabezal de distribución del que se ramifican dos disparos de 16" de diámetro cada uno.

Dichos disparos terminan en conexiones bridadas para el abastecimiento del crudo, y cuenta con válvulas proporcionadas por PEMEX Exploración y Producción para ductos ascendentes flexibles, localizados debajo de la boya.

La operación de estos disparos puede ser de manera simultanea o independientemente, lo cual dependerá de los requerimientos, disponibilidad y programa de distribución establecido por la entidad correspondiente.

### **Corrida de diablos**

Esta línea submarina cuenta con la flexibilidad de ser sometida a operación de corrida de diablos de limpieza o instrumentado, de acuerdo al programa de mantenimiento establecido por PEMEX Exploración y Producción. Para ello el cabezal de distribución que llega al (PLEM) termina en una válvula de 36" de diámetro. La necesidad de esta válvula se debe a que cuando se programe la corrida de diablos de limpieza o instrumentado para este oleoducto será posible interconectar a ella una trampa de diablos de recibo del tipo "desmontable", cuyo diseño y construcción esta proyectada a futuro.

Por lo anterior el oleoducto proveniente de la plataforma de producción AKAL-J-1, se deriva un disparo con válvula de accionamiento rápido, interconectado al Lanzador de Diablos HR-3020, utilizado como línea de pateo de diablos de limpieza o instrumentado, requeridos para la inspección y mantenimiento del sistema de tubería.

También se cuenta con instalación de carretes de monitoreo distanciados a cada 1 kilómetro del ducto submarino, esto es para fines de control del diablo instrumentado.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### IV.3 INFORMACION DEL OLEODUCTO DE 36" ENTRE EL COMPLEJO AKAL-J Y EL CABEZAL DE DISTRIBUCIÓN (PLEM)

DATOS DEL DISEÑO		
	DE	A
	AKAL-J	PLEM
PROFUNDIDAD (METROS)	48.3	81.5
NORTE (Y)	2 148 161	2 177 000
ESTE (X)	596 989	596 000
SERVICIO	CRUDO	
DIAMETRO (PULGADAS)	36	
ESPESOR DE PARED (PULGADAS)	.875*	.900*
ESPECIFICACION DE TUBERÍA (API-5L)	X65	
LONGITUD APROX. (KILOMETROS)	30	
PRESION MAXIMA DE OPERACION (Kg/cm <sup>2</sup> )	77	
TEMP. MAXIMA DE OPERACION (°C)	69	60
TEMPERATURA AMBIENTE (°C)	22° C	
RANGO DE DISEÑO	ANSI 600 lb	
GASTO (MBD)	800	
DENSIDAD DEL CONTENIDO (Kg/M <sup>3</sup> )	900	
DIAMETRO DEL DUCTO ASCENDENTE (PULG.)	36	NA
ESPECIFICACION DEL DUCTO ASCENDENTE (API-5L)	X65	NA
ESPESOR DE PARED DEL DUCTO ASCENDENTE (PULG.)	.900	NA
LONGITUD DEL DUCTO ASCENDENTE (m)	59.87	NA
ESPESOR DE PARED DE CURVA DE EXPANSION (PULG.)	PENDIENTE.	PENDIENTE.
DIMENSIONES DE CURVA DE EXPANSION		
LONGITUD X (m)	7.625	0.610
LONGITUD Y (m)	29.000	26.190
LONGITUD Y <sub>1</sub> (m)	16.869	15.000
LONGITUD Z (m)	30.000	21.000
LONGITUD Z <sub>1</sub> (m)		21.000
ESPACIAMIENTO ENTRE "BUCKLE ARRESTORS" (m)	144.000**	

\* Desde E-AJ-1 Km. 15+023.186 Km.

\*\* Desde el Km. 15 + 023.186 Km. hasta el PLEM, entre esta longitud, se colocará arriostramiento de unión con opresores a cada 144 m, con tubería de 36"Ø x 900" con prensos doblados de 1.25" de espesor y 3.6" de longitud.



### PROTECCIÓN CATÓDICA

La tubería será catódicamente protegida usando el ánodo de sacrificio convencional tipo brazalete bipartido de aleación aluminio-zinc-indio aprobado para operar a la temperatura máxima de operación de tubería enterrada en sedimentos.

La composición química del ánodo a utilizar será la siguiente:

Elemento	Porcentaje (mín-máx)
In	0.010-0.020
Zn	2.8-3.5
Si	0.08-0.5
Cu	0.006 Máx
Fe	0.12 Máx
Otros	0.02 Cada uno

El espaciamiento de los ánodos será de 12 m para adaptarse a la longitud de las juntas de tubería.

Se instalará un ánodo en las curvas de expansión y otro en los ductos ascendentes.



#### IV.4 PROCEDIMIENTO PARA EL TENDIDO DE LA LÍNEA REGULAR

##### PROCEDIMIENTO

##### I. GENERALIDADES

- a) Equipo
- i. Sistema de alimentación de la tubería.
  - ii. Estación de alineamiento.
  - iii. Sistema de alineamiento.
  - iv. Estaciones de soldadura e Inspección radiográfica.
  - v. Tensionadores.
  - vi. El malacate de recuperación y abandono de línea.
  - vii. El sistema de inyección de espuma de poliuretano ( o de cualquier otro método utilizado).
  - viii. Las flejadoras.
  - ix. Los tapones de inicio y de abandono con sus válvulas.
  - x. El detector de dobles.
  - xi. El equipo de inspección radiográfica.
  - xii. Se deberá verificar el funcionamiento y vigencia de los equipos de inspección que aplican al tendido de línea regular del departamento de Control de Calidad a bordo como son:
    - xiii. Amperímetros de gancho.
    - xiv. Termómetro digital láser.
    - xv. Termómetros digitales con termopar.
    - xvi. Hi-lo welding gage.
    - xvii. Bridgecam.
    - xviii. Multimetro digital.
    - xix. Holy detector.
- b) Las alturas de los rodillos de la rampa de tendido deberán ajustarse de acuerdo a las curvaturas siguientes:
- 1.- Curva de radio constante.
  - 2.- Curva de transición
- c) Las alturas en los rodillos del pontón tendrán un radio de curvatura de acuerdo a los datos de la hoja de cálculo.
- d) Se deberá colocar un poly-pig en el primer tramo al inicio del tendido de la línea, los tapones se deberán pintar en color blanco.
- e) Toda la tubería a utilizarse deberá pasar por un estricto control de calidad durante el proceso de fabricación y lastrado, así mismo, al llegar al área de



trabajo deberá ser inspeccionada visualmente, para identificar las posibles fallas durante el traslado, principalmente en el biselado, y reparar o rechazar la tubería de acuerdo a las especificaciones marcadas por el proyecto.

- f) Cada tramo de tubería será medido e identificado para registrarlo en la bitácora y en el reporte del tendido.
- g) Todos los tramos tendrán bisel tipo "V" compuesto (COMPOUND). Se utilizarán Biseladoras para conformarlo.
- h) La soldadura a utilizar será ER70S-6 x 0.9 mm"Ø procedimiento WPS-053-CCC
- i) El alineador interno será utilizado en la primera estación de soldadura, y al mismo tiempo funciona para aplicar la soldadura interna.
- j) Todas las juntas soldadas serán radiografiadas al 100%, para su calificación se aplicará el código según las especificaciones técnicas de soldadura para servicio amargo, se llevará un control ordenado para evitar confusiones y se inspeccionará con ultrasonido cuando sea una reparación de la junta correspondiente. En caso de que sea necesario realizar alguna reparación de soldadura estas se harán en forma manual de acuerdo a la especificación para procedimiento de soldadura WPS-062-CCC. Después de reparada se le harán las pruebas necesarias para su aceptación.
- k) A todas las soldaduras de la Línea se les aplicará protección mecánica y anticorrosiva, colocando mangas Ray-Chem WPC-100M-36000-17 que se colocará de la siguiente manera, se verificará que la superficie a cubrir esté libre de polvo, aceite, agua y después se limpiará la superficie con carda o esmeril para remover partículas o impurezas. Se procederá entonces a precalentar la superficie a una temperatura aproximada de 100 °C como mínimo, posteriormente se procederá a colocar las mangas Ray-Chem WPC-100M-36000-17, se verificará la adherencia de la misma a la tubería, posteriormente se colocará lámina galvanizada asegurada con flejes de acero en el lastre para proteger la junta al espacio que quede entre la protección mecánica y la lámina galvanizada, se le inyectará poliuretano Pourffel 174A y Pourffel 174B en proporciones iguales, con el fin de tener una protección mecánica al 100% .El poliuretano se aplicara de la siguiente manera:
  - Se coloca lámina galvanizada, asegurada con flejes de acero en el lastre para proteger la junta. Se deja un orificio en la lamina galvanizada para inyectar el poliuretano.
  - Se vacía el poliuretano pourfel 174A y el poliuretano 174B en un recipiente y se hace la mezcla de 1 a 1 .
  - Se inyecta la mezcla de poliuretano por medio de una bomba al espacio que queda entre la protección mecánica y la lámina galvanizada.



- l) Se instalarán ándodos de aluminio indio tipo brazaletes de 383 lbs. (173.72 kg) con un espaciamiento de 6 tramos (72 m. Aprox).
- m) De la coordenada  $x=597,426.028$ ,  $y=2,160,572.653$ , Km. 15 + 023.86 al Km. 31 + 730.00. Se instalarán arresto Buckles de 3' 6" long. X 1.125" espesor uno cada 12 tramos (144 metros. Aprox.).
- n) Antes de iniciar los trabajos para el tendido, se verificará que no haya otras barcazas, embarcaciones, anclajes que puedan obstruir el desarrollo de los trabajos requeridos por el contrato.
- o) Antes de iniciar los trabajos de tendido se realizaran radiografías a juntas y prueba hidrostática a tapones lanzador o receptor antes de instalarse en la línea.
- p) Después de ir efectuando las soldaduras de la línea se irán tomando radiografías de cada uno, así como también se instalará un detector de dobles para detectar cualquier deformación de la tubería, se tendrá también el sujetador de alineamiento para efectuar las soldaduras, en caso que se requiera abandonar el tendido, este equipo se retirará y se volverá a colocar cuando se vuelvan a reanudar las operaciones.

## 2. TENDIDO DE LINEA

### 2.1. COLOCACION DE MANIOBRA PARA INICIO DE TENDIDO

- a) Se fondeará el ancla de muerteo en una área en donde no existan tuberías, en coordinación con el Supervisor de PEMEX a bordo.
- a) Se efectuará prueba de agarre del ancla de muerteo a una tensión de 225 Kips., (tensión requerida para tendido 150 Kips) se presentará el cable en la dirección y longitud requerida para el inicio del tendido.
- b) Se marcará en el cable de muerteo el punto en donde se cortará y que será el punto en donde se conectará el tapón de inicio.

### 2.2. FASE DE INICIO

- a) Se instalará el pontón en su posición a la profundidad y ángulo determinados por las hojas de cálculo.
- b) Se alineará y soldará el tapón de inicio.
- c) Se alimentará la rampa de tendido con el primer tramo de tubo.
- d) Se asegurará el cable de muerteo al tapón de inicio con un grillete de 80 tons. de capacidad como mínimo.



- e) Se enganchará y levantará el cable de muerteo con la ayuda de la grúa y se alineará al centro de los rodillos del pontón y la rampa en la sección de popa.
- f) Se lastrará el pontón para tendido normal.
- g) Se instalará el equipo de rayos "x" ( crawler) para efectuar las inspecciones radiográficas.
- h) Se instalará el alineador interno.
- i) Se moverá la barcaza hacia proa hasta que tensione el cable de muerteo, y se continuará hacia proa hasta que la tubería haya pasado por los tensionadores hasta el último de popa
- j) Para instalar el detector de doblez, se sacarán todas las maquinas internas de la tubería y se procederá a instalar el detector de dobleces con precaución en el interior de la tubería, se pondrá en operación y se irá desplazando en el interior de la tubería registrando deformación en la línea. Se extraerá antes de realizar el abandono de tubería.
- k) Se ajustarán los tensionadores de acuerdo a la variación de la profundidad y tomando en cuenta los resultados de las hojas de cálculo.
- l) Se efectuarán inspecciones con buceo al Pontón checando profundidades de la línea en cada tubo hasta 150 MTS. aproximadamente. (cada 6 horas)

### 2.3. PROCEDIMIENTO DE ABANDONO DE TUBERIA

- a) Se retirará el equipo del interior de la tubería; detector de dobleces, alineador y crawler antes de iniciar este procedimiento.
- b) Se soldará el tapón de abandono para la última junta de la línea, engrilletándolo al cable del malacate.
- c) Se le aplicará al cable de abandono la tensión normal de tendido sin dejar de utilizar los tensionadores.
- d) Se moverá la barcaza hacia proa permitiendo que la tubería corra hacia popa, al mismo tiempo se bajará el pontón manteniendo siempre la tensión normal de tendido y la profundidad indicada para este proceso en las notas de cálculo.
- e) Una vez que la línea regular se encuentre fuera del pontón se deberá mantener la tensión requerida en el cable de tirón.



- f) Se moverá la barcaza hacia proa hasta que se haya liberado la popa 550 pies aproximadamente de acuerdo a la referencia de las hojas de cálculo y la variación de la profundidad.
- g) Se reducirá la tensión a cero y se dará suficiente holgura al cable de abandono para poder realizar el paso siguiente.
- h) Se moverá la barcaza hacia popa cerca del tapón de abandono, y se colocará la boya de señalamiento y seguidamente se liberará el cable de tirón.

**REQUISITOS ESPECIFICOS DE PROYECTO**

**1. INFORMACION PARA EL TENDIDO DE LINEA REGULAR**

Esta sección de nuestro procedimiento de construcción contiene la información de Ingeniería de proyecto requerida y necesaria para las actividades del tendido de tubería, así como algunas maniobras auxiliares. En las tablas que a continuación se presentan se encuentra la información general del proyecto; recopilada de los planos correspondientes a la obra y que ha sido revisada.

**1.1. PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE LA TUBERIA PARA EL TENDIDO**

TRAMO DEL KM 00+000 AL KM 15+023  
 TUBO DE 36"Ø API- 5LX-65 DE ESPESOR 0.875"  
 ESPESOR DE LASTRE DE CONCRETO = 2.00"

1. Servicio		Oleoducto
2. Diámetro exterior	pulg.	36 (914 mm)
3. Espesor.	pulg.	0.875 (22.22 mm)
4. Longitud	metros.	(15 + 023 km.)
5. No. de juntas	No.	1,231
6. Espesor del concreto.	pulg.	2.00" (50.80 mm)
7. Tipo de acero		API-5L-X-65
8. Peso específico del concreto	lb/ft <sup>3</sup>	190 (3.046 kg/ m <sup>3</sup> )
9. Espesor del rec. Anticorrosivo.	pulg.	0.028 (0.711 mm)
10. Peso específico del rec. anticorrosivo	lb/ft <sup>3</sup>	80
11. Peso del tubo desnudo.	lb/ft	1,075.37 (488.22 kg/m)
12. Peso tubería lastrada	lb/ft	2,108.67 (957.34 kg/m )
13. Peso sumergido	lb/ft	1,634.63 (742.12 kg/m)
14. Peso por tramo en el aire	lbs	25,725.88 (11,679.55 kg)
15. Gravedad específica (Agua Mar)	lb/ft <sup>3</sup>	1.29
16. Peso del ánodo	lbs.	383 (173.726 kg)
17. Espesor del ánodo	pulg.	2.50" (50.80 mm)
18. Longitud del ánodo	pulg.	15" (365.125 mm)
19. Espaciamiento de los ánodos	ft.	236.22 (72.00 mts)
20. Diámetro del detector de doblez.	pulg.	32.615 ( 828.421 mm)



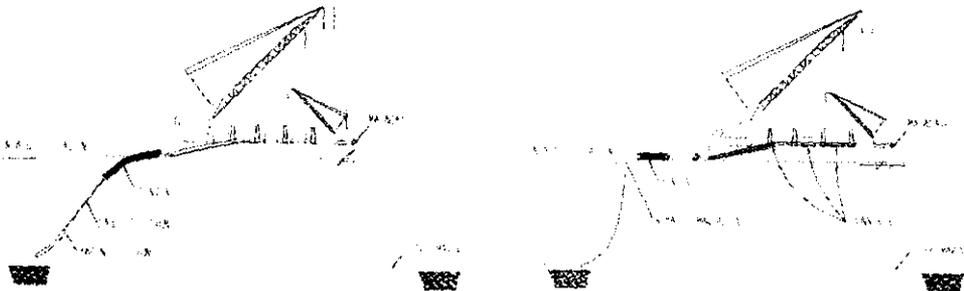
1.2. PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS DE LA TUBERÍA PARA EL TENDIDO

TRAMO DEL KM 15+023 AL KM 31+730  
TUBO DE 36"Ø API- 5LX-65 DE ESPESOR 0.900"  
ESPESOR DE LASTRE DE CONCRETO = 2.00"

1. Servicio		Oleoducto
2. Diámetro exterior	pulg.	36 (914 mm)
3. Espesor.	pulg.	0.900" (22.86 mm)
4. Longitud	metros	(16,707 )
5. No. de juntas	No.	1369
7. Espesor del concreto.	pulg.	2.00" (50.80 mm)
6. Tipo de acero		API-5L-X-65
8. Peso específico del concreto	lb/ft <sup>3</sup>	190 (3.046 kg/ m <sup>3</sup> )
9. Espesor del rec. anticorrosivo.	pulg.	0.028 (0.711 mm)
10. Peso específico del rec. anticorrosivo	lb/ft <sup>3</sup>	80
11. Peso del tubo desnudo.	lb/ft	1,103.37 (501.82 kg/m)
12. Peso tubería lastrada	lb/ft	2,136.67 (970.05 kg/m )
13. Peso sumergido	lb/ft	1,656.33 (970.04 kg/m)
14. Peso por tramo en el aire	lbs	26,067.42 (11,834.61 kg)
15. Gravedad específica (Agua Mar)	lb/ft <sup>3</sup>	1.29
16. Peso del ánodo	lbs.	383 (173.726 kg)
17. Espesor del ánodo	pulg.	2.00" (50.80 mm)
18. Longitud del ánodo	pulg.	14.37 (365.15 mm)
19. Espaciamiento de los ánodos	ft.	236.22 (72.00 mts)
20. Diámetro del detector de doblez.	pulg.	32.615" (828.421 mm)

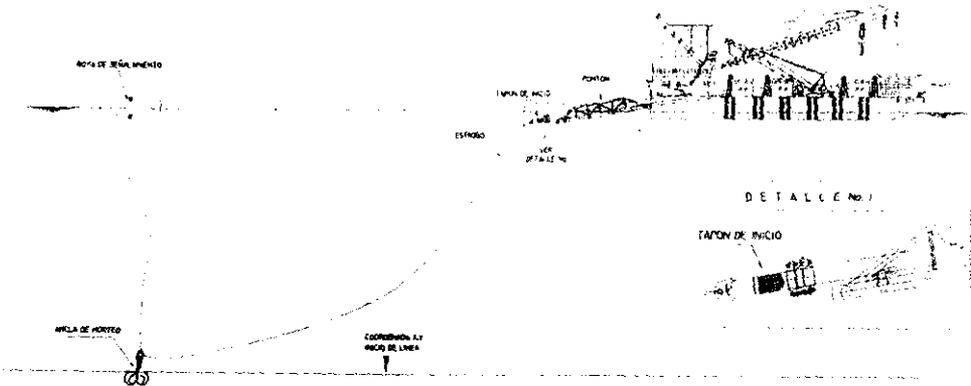


### BAJADA DE TUBERIA

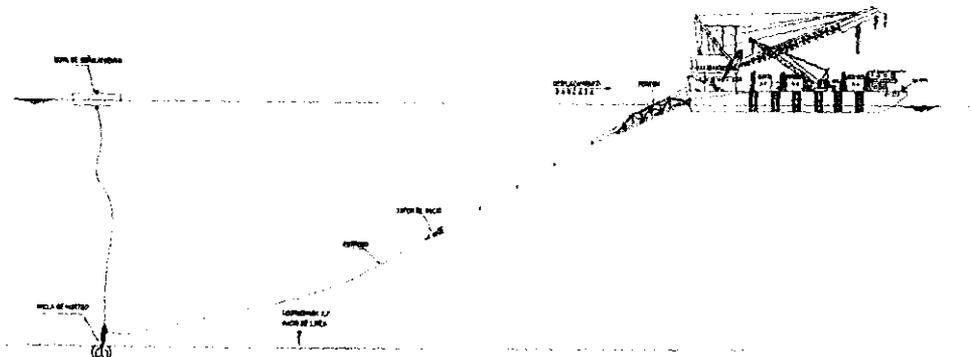




### TENDIDO DE TUBERIA



### PASO 1

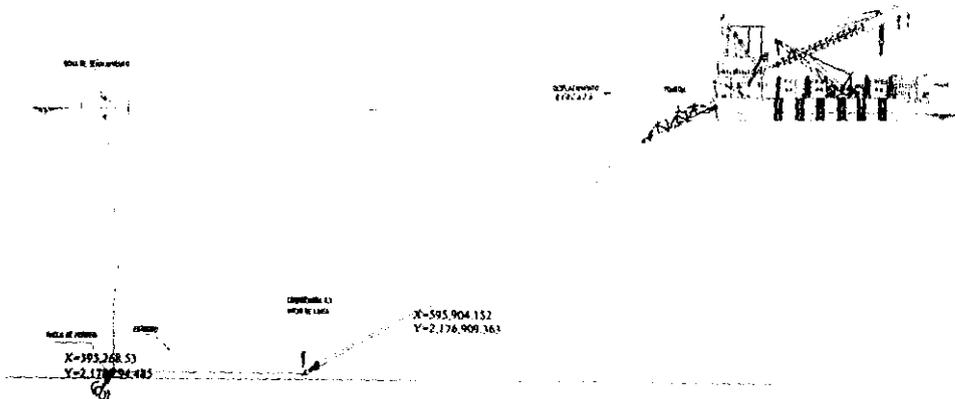


### PASO 2



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN



PASO 3



PASO 4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN



Forma el  
cable

Continúa en  
página 10

PASO 5



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### IV.5 PROCEDIMIENTO DE INSTALACIÓN DE LA CURVA DE EXPANSIÓN EN E-AJ-1

#### PROCEDIMIENTO

#### 1. INSTALACION DE LA CURVA DE EXPANSION EN E-AJ-1

La instalación de la curva de expansión, se efectuará una vez que la abrazadera guía de fondo se encuentre instalada, será de acuerdo al rumbo que señale paralelo a la Línea Regular según plano de ingeniería.

#### 2. POSICIONAMIENTO

Con la barcaza posicionada cerca de E-AJ-1 se estrobará en cubierta la curva de expansión, dejándole del lado conexión con la línea un carrete pasado de medida para considerar el traslape con la línea regular con apoyo del personal de buceo y con maniobras con la grúa de popa se bajara la curva de expansión al lecho marino, se efectuarán maniobras para meter la curva a la abrazadera guía previamente instalada y asegurada a la pierna A-2 y el nivel señalado por la ingeniería del proyecto, se cerrará la tapa de la abrazadera con sus espárragos correspondientes.

#### 3. ALINEAMIENTO DE LA LINEA REGULAR CON LA CURVA DE EXPANSION EN E-AJ-1

Se posicionará la barcaza paralelo a la línea regular y con apoyo del personal de buceo se tomará la metrología de la separación y traslape con la curva de expansión.

En caso de existir separación entre ambas se procederá a estrobar la línea regular con apoyo del personal de buceo levantando la línea ligeramente del lecho marino. Se efectuarán movimientos hacia la curva hasta dejarlas juntas, para checar nuevamente la metrología y marcar el punto de corte en la curva de expansión.

#### 4. IZAJE DE LA CURVA DE EXPANSION

Con la grúa de popa y con apoyo del personal de buceo se abrirá la abrazadera guía de la curva de expansión y se estrobará la curva de expansión, sacándola a cubierta de barcaza y/o chalán de materiales, removiendo concreto y protección mecánica en la marca del corte.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### 5. ALINEACION Y SOLDADURA DE BRIDA W.N. AL EXTREMO DE LA CURVA

Una vez cortado el traslape de la curva de expansión y preparado el Bisel se alineará y soldará una Brida MAF de acuerdo al procedimiento establecido para esta junta. Terminada la soldadura de la junta de campo, se realizarán las pruebas no destructivas (Radiografiado y U.T.), si están dentro de norma, se procederá a la protección mecánica, mediante la aplicación del recubrimiento de protección anticorrosiva.

### 6. CONEXIÓN DE LA CURVA DE EXPANSION CON LINEA REGULAR.

Con apoyo de la Grúa de popa se estrobará la curva de expansión y se bajará al lecho marino, para meterla a la abrazadera guía pierna A-2, cerrar la tapa de la misma, colocar y apretar espárrago al 100%, por el lado línea regular se desembridará el tapón de abandono de la brida, y con maniobras se alineará y colocarán todos los espárragos de la MAF en la curva de expansión con la brida de la línea regular.

El equipo a utilizar para dicho embridaje, será tipo (HIDRATIGH), el apriete estará en función del diámetro, y el libraje de la brida (MAF), así mismo se verificará la abertura entre las bridas, si ésta es correcta, se procederá a instalar las contratuerzas en cada uno de los espárragos. Se procede a apretar la junta bridada de la siguiente manera con el equipo HIDRATIGHT:

1. Instalar los dados y conexiones de aire.
2. Presurizar todos los dados hasta 500 psi. y tener buzos checando fugas. El pistón de los dados no se extiende mas que las recomendaciones de manufactura, apretar todas las tuercas Tommy, reducir la presión de la bomba a cero.
3. Presurizar todos los dados hasta 1000 psi y apretar todas las tuercas Tommy, verificar que los pistones de los dados no se sobre extiendan. Si esto llegara a pasar se deberá restablecer el pistón y se deberá reducir la presión de la superficie a cero.
4. Presurizar los dados hasta 5000 psi. y apretar todas las tuercas Tommy, revisar el pistón de los dados y reducir la presión de la superficie a cero.
5. Presurizar los dados hasta la presión recomendada en las tablas de Hidratight anexas, sujetar todas las tuercas Tommy y revisar el pistón de los dados. Reducir la presión de la superficie a cero, presurizar todos los dados presurizando y sujetando las tuercas Tommy, repetir este paso hasta que las tuercas Tommy no giren.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

6. En este punto las bridas están apretadas.
7. Recuperar los datos Hidratight y mandarlos a la superficie.

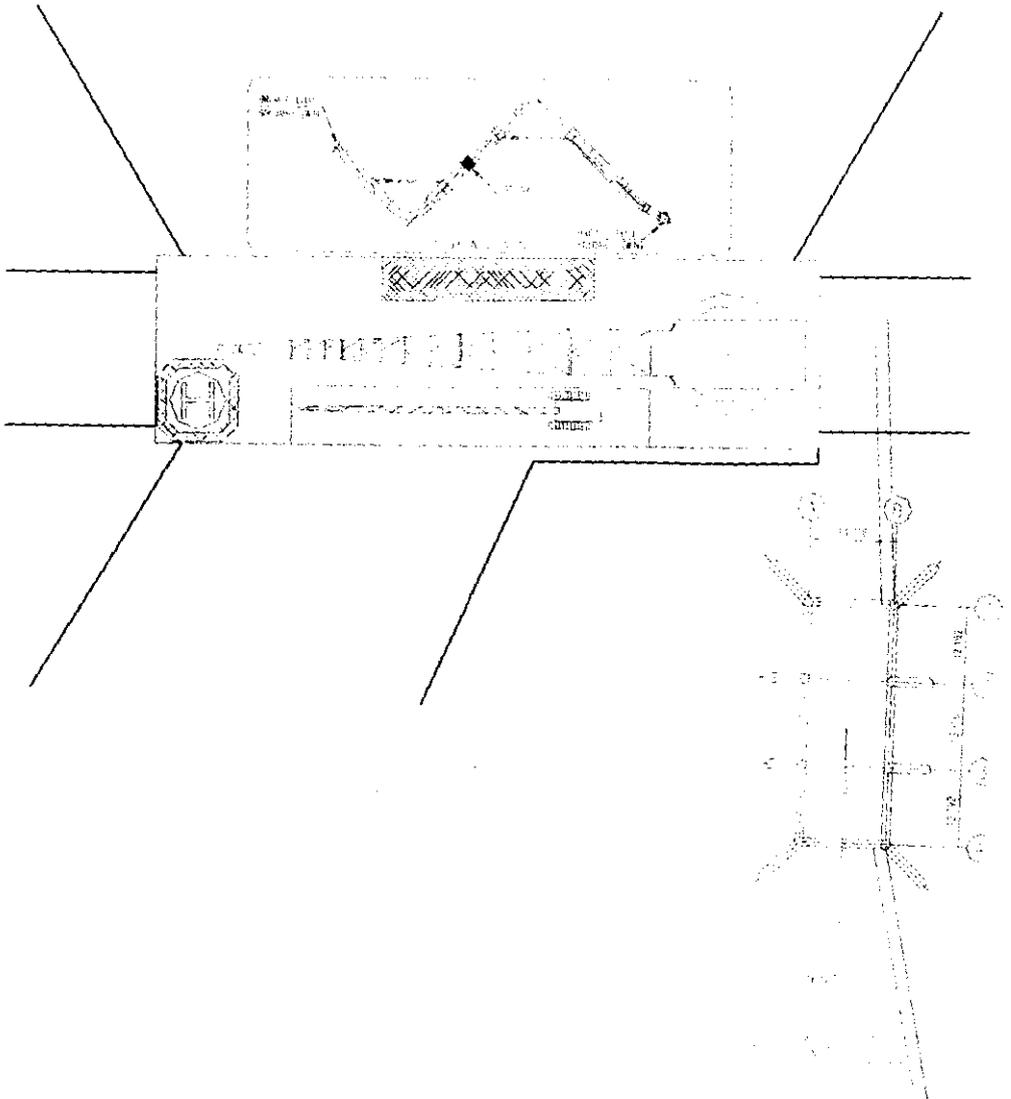


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

1

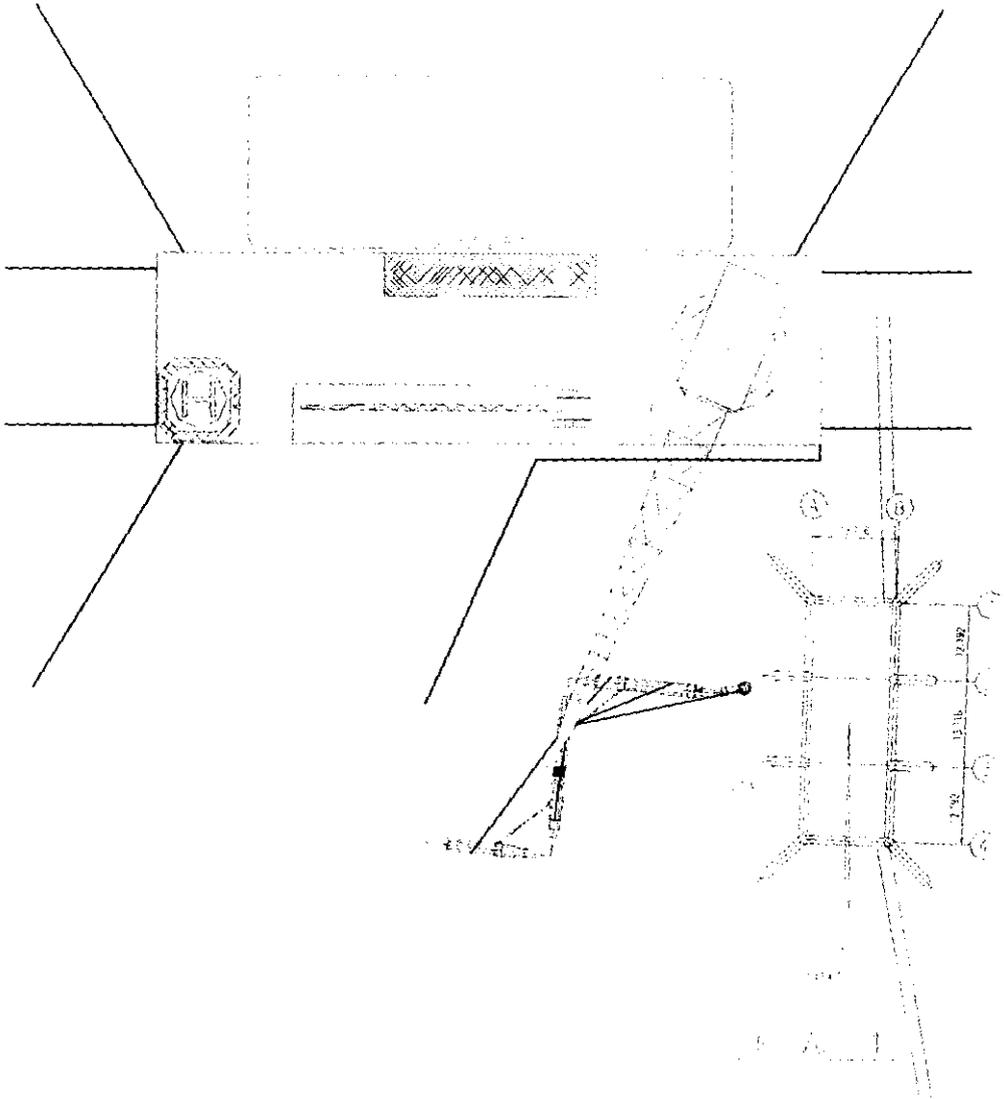
ACODERAR CHALAN CON CURVA DE EXPANSION DE EAJ-1





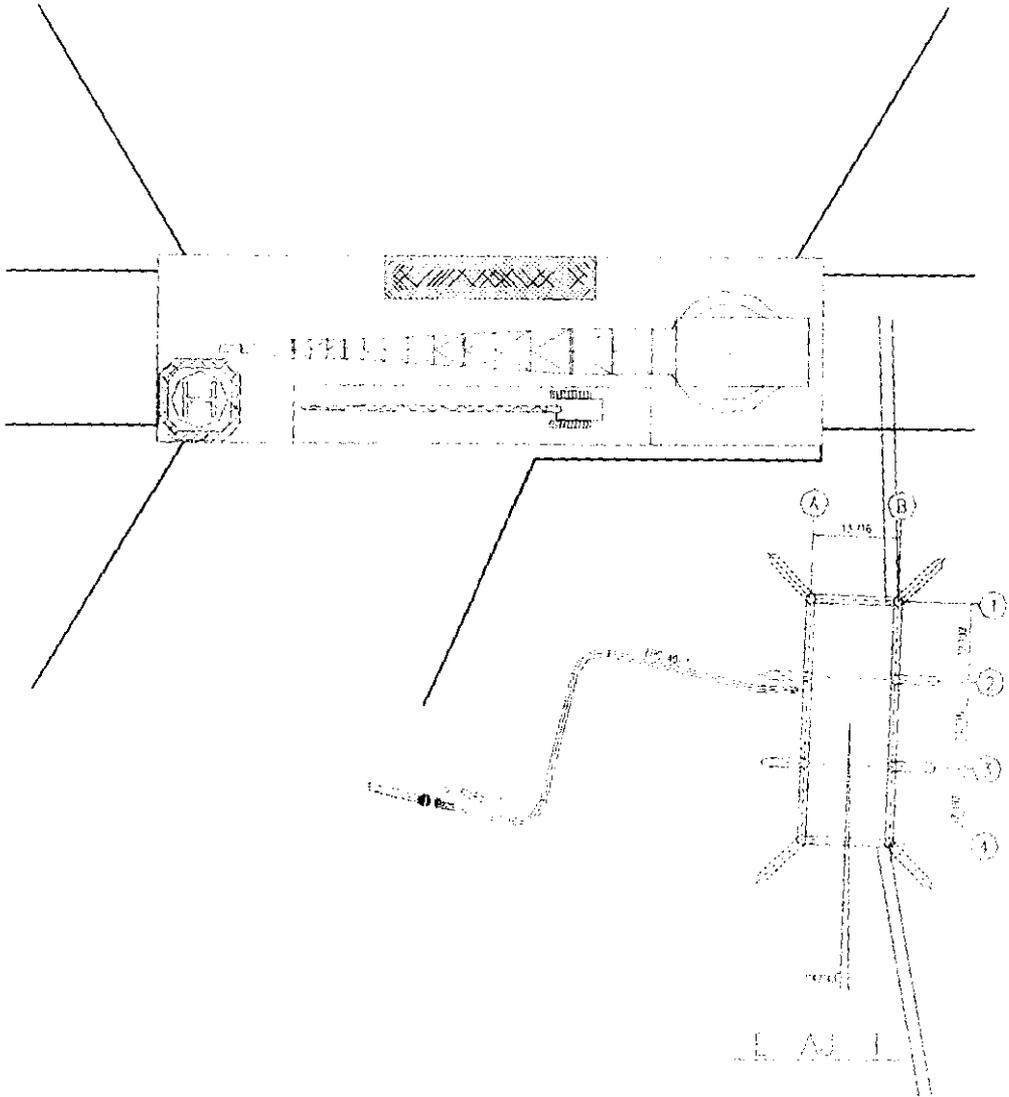
2

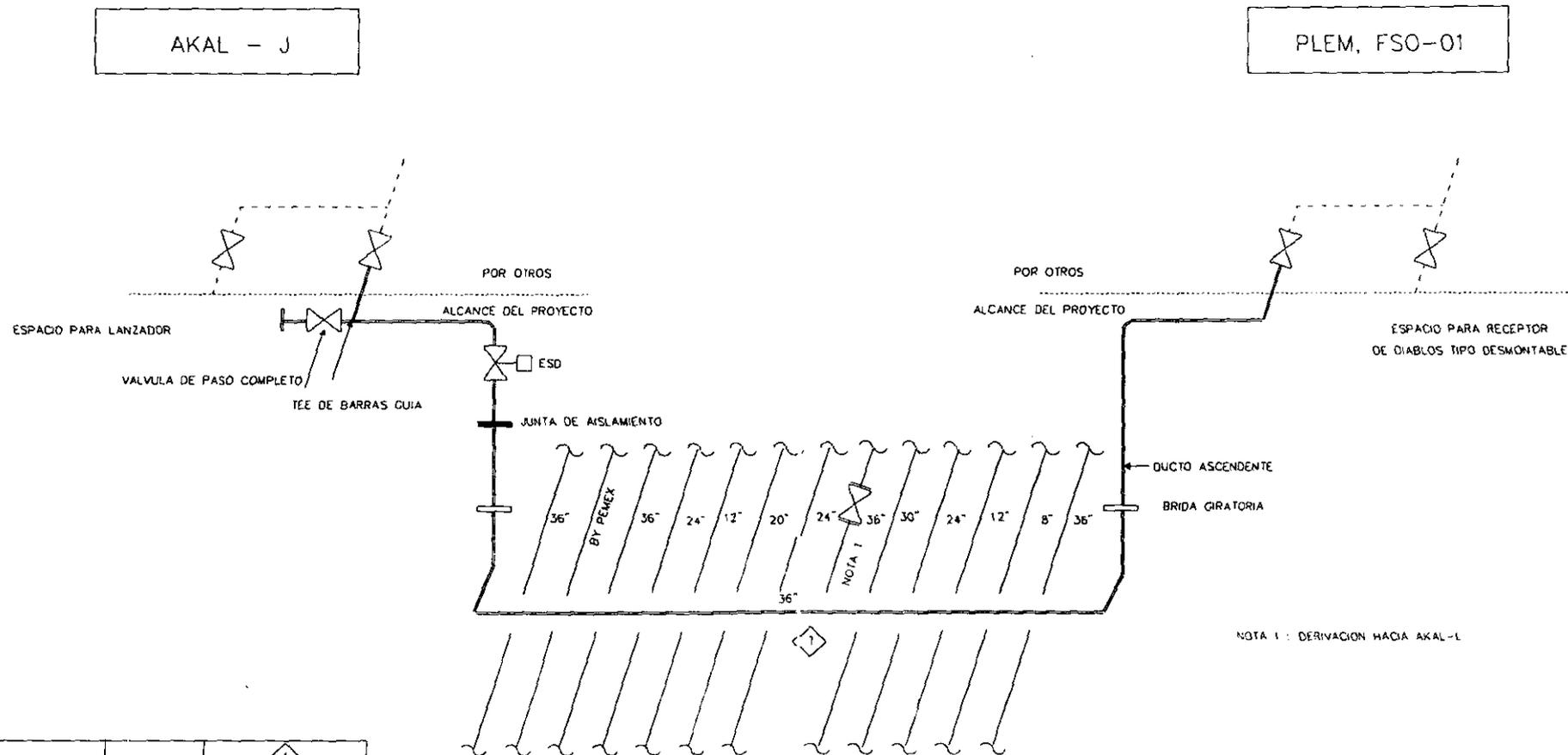
INSTALACION DE CURVA DE EXPANSION EN LA L. 1





3 CURVA DE EXPANSION CONECTADA A LA LINEA REGULAR





NOTA 1 : DERIVACION HACIA AKAL-L

CONCEPTO	UNIDADES	1	
		AKAL-J	PLEM
SERVICIO		CRUDO	
DIAMETRO	PULGADAS	36	
PRESION MAX. DE OPERACION	Kg/cm <sup>2</sup>	77	
TEMP. MAX. DE OPERACION	°C	69	60
GASTO	MMSCFD	800	
DENSIDAD	Kg/m <sup>3</sup>	900	900
TEMP. AMBIENTE	°C	22	

OBRA : OLEODUCTO DE 36" (AKAL-J A PLEM)	REF. :
	REF. :
CONCEPTO : DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LINEA 40-01 (36" x 30.0 Km.)	

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

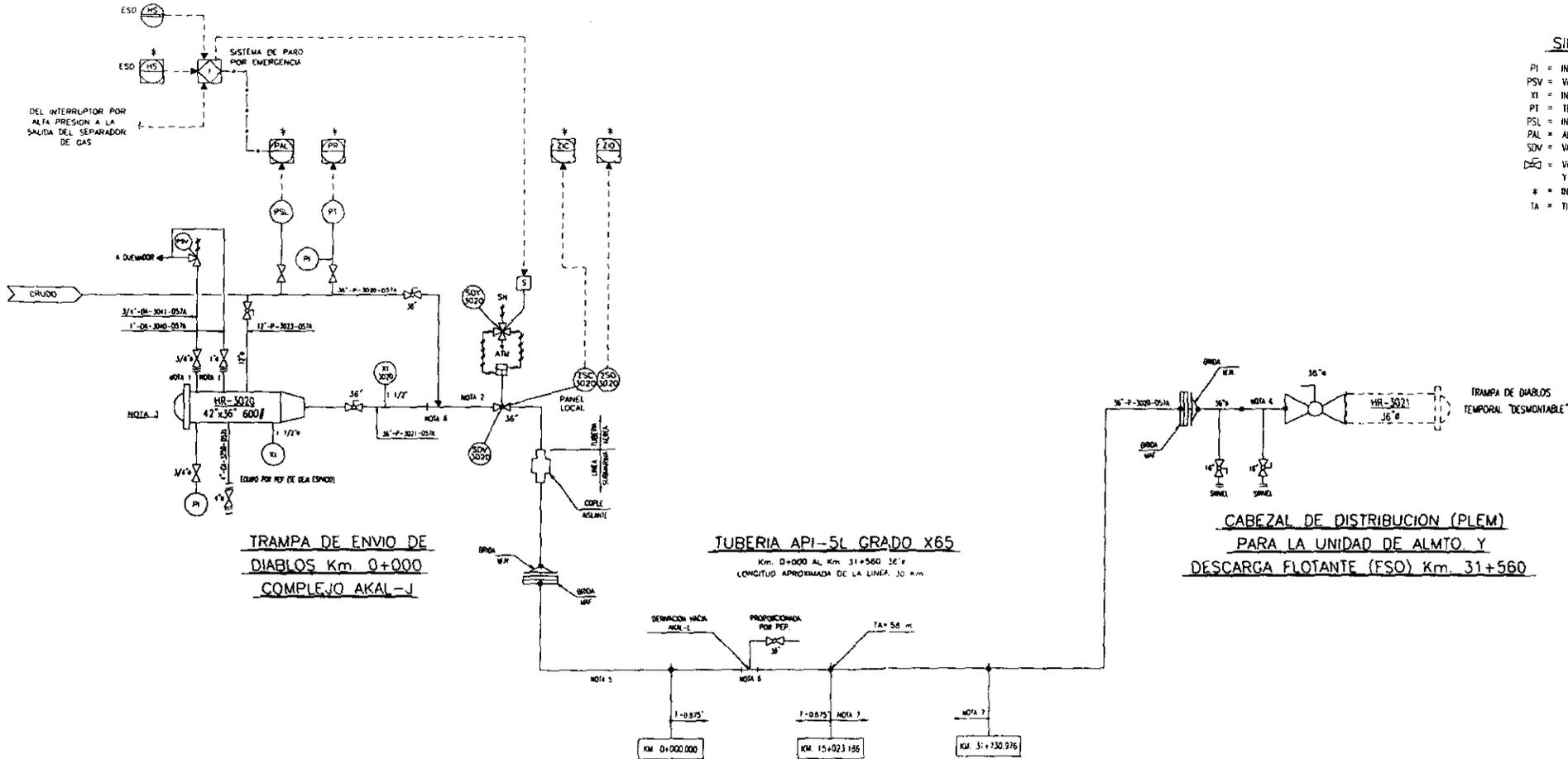
NOMBRE	CONCEPTOS DE CONSTRUCCION
ENC. - R/A ACOT. EN - S/A	DIB. No. OFP-40-01

**HR-3020**  
 LANZADOR DE DIABLOS DE 36" x 42"  
 DIAM. TUBERIA PRINCIPAL 36"  
 NOTA 3

**HR-3021**  
 RECIPIENTE DE DIABLOS DE 36"  
 DIAM. TUBERIA PRINCIPAL 36"  
 IPO. DESMONTABLE

**SIMBOLOGIA:**

- PI = INDICADOR DE PRESION
- PSV = VALVULA DE SEGURIDAD
- XI = INDICADOR DE PASO DE DIABLOS
- PT = TRANSDUCOR DE PRESION
- PSL = INTERRUPTOR DE BAJA PRESION
- PAL = ALARMA DE BAJA PRESION
- SDV = VALVULA DE CORTE
- DSV = VALVULA DE BOLA, PASO COMPLETO Y CONTINUO
- \* = INSTRUMENTACION CONTENIDA EN SDMC
- TA = TRAMITE DE AGUA



**NOTAS:**

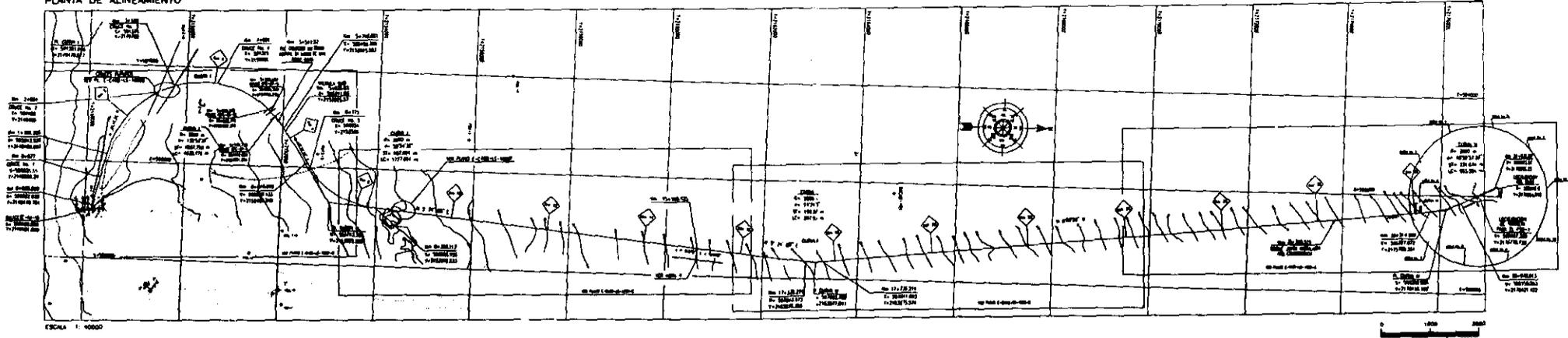
- 1 - NORMALMENTE ABIERTA CON CAMBIO
- 2 - LA VALVULA DE PARO DE EMERGENCIA SE INSTALARA LO MAS CERCA AL NIVEL DEL AGUA SOBRE LA ZONA DE MAREAS (SPLASH)
- 3 - SE PROPORCIONA ESPACIO PARA LA TRAMPA DE DIABLOS
- 4 - **CANCELADA**
- 5 - SE INSTALARAN CARRETES DE MONITOREO A CADA UN KILOMETRO PARA FINES DE CONTROL DEL DIABLO INSTRUMENTADO
- 6 - LAS "T" SERAN NORMALES CON BARRAS GUAS
- 7 - A PARTIR DEL TRAMITE DE AGUA DE 58 m. HASTA 81.5 m. EL ESPESOR DE PARED DEBERA SER DE 0.9 PULG. Y DEBERA EMPLEARSE EL USO DE LOS OPRISORES DOBLADOS A CADA 145 m. LOS PRESORES DOBLADOS DEBERAN SER DE 3'-6" DE LARGO CON 1.25 PULG. DE ESPESOR DE PARED, ESPECIFICACION API-5L-X65.
- 8 - CODIGO DE LOCALIZACION DE PLATAFORMA AKAL-J A/B

OBRA : OLEODUCTO DE 36" (AKAL-J A PLEM)	
CONCEPTO : DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION	

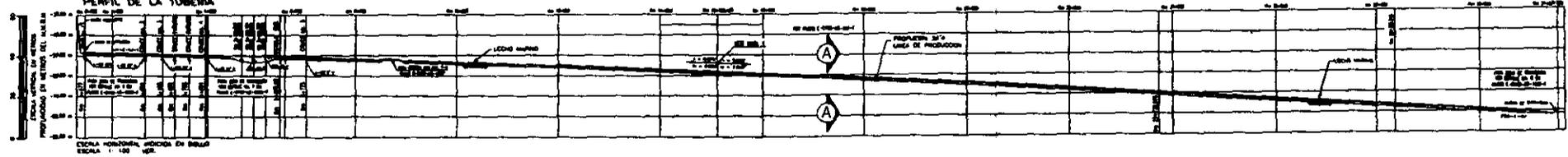
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

NOMBRE	CONCEPTOS DE CONSTRUCCION
ESC. 5/8 ACOT. EN. 5/8	DIB. No. 071-T-01

PLANTA DE ALINEAMIENTO



PERFIL DE LA TUBERIA



DATOS DE LA TUBERIA

DETALLE DE LA TUBERIA	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
CONCRETO	...	m <sup>3</sup>	...
ACERO	...	kg	...
...	...	...	...

**NOTAS:**  
 SE INSTALARAN TUBERIAS DOBLES DE 6" x 4 CADA VELOCIDAD DEL PLAN ANEXO E-4.1.1. TIPO DE LOS VALVULONES: 2" x 3/4" 150 LB. Y 2" x 3/4" 300 LB. TIPO DE INSTALACION NORMALES EN LUGAR DE UNA JUNTA DOBLE.

- NOTAS GENERALES**
- EL DISEÑO DE CONSTRUCCION ES "GENERAL, INDEFINIDO MERCADO" PARA EXCEPCION DE CLASE 1989 EN LA 13.98. MATERIAL CONCRETO, 15' 150' Y ESTER REFINADO AL NORMA MERCADO 1937.
  - EL ALINEAMIENTO FINAL, ASÍ COMO LA UBICACION DE LOS CAJONES DE REVISION A LOS CAJONES DE MANOS COLECTORAS Y REVISIONES, SERA COMPLETA DESDE EL COMPLETAR EL DISEÑO.
  - SE INSTALARAN TUBERIAS DOBLES DE 6" x 4" Y SE INSTALARA UN PISO DE PROTECCION ANTES DEL ENTUBAMIENTO A UNA ALTURA DE 1.00 METRO DE LA SUPERFICIE DEL SUELO (VER PLANO E-4.08-13-1000-7).
  - EL CAJON DE PROTECCION DE UNO AL OMBRO Y LA OTRA DEL OMBRO DEL TUBO DE 36" x 6" CON PROTECCION EXTERNA DE 1.10' DE ESPESOR Y 3" DE LARGO. EXCEPCION 09-3-100 (VER PLANO E-4.08-13-1000-7).
  - SE INSTALARA UN SISTEMA DE COMBUSTION (GASOLINA) EN LOS TUBOS DE PROTECCION DEL CAJON DE UNO AL OMBRO Y LA OTRA DEL OMBRO DEL TUBO DE 36" x 6" CON PROTECCION EXTERNA DE 1.10' DE ESPESOR Y 3" DE LARGO. EXCEPCION 09-3-100 (VER PLANO E-4.08-13-1000-7).
  - PARA LATA DE MATERIALES VER PLANO E-4.08-13-1000-7.
  - LA OMBRO DE UNO AL OMBRO DE LA TUBERIA SERA...

OBRA : OLEODUCTO DE 36" (AKAL-J A PLEM)

CONCEPTO : PLANO DE ALINEAMIENTO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
 FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

NOMBRE	CONCEPTOS DE CONSTRUCCION
ESC. : S/E ACOT. EN : S/A	DIB. No. 071-7-01



## V. DESARROLLO DEL ANÁLISIS DE RIESGO HAZOP

En este capítulo se presentan los resultados de un estudio de análisis de riesgo, con el objetivo de demostrar que en el diseño y construcción del oleoducto de 36 pulgadas se consideraron todas las medidas de seguridad establecidas por PEMEX Exploración-Producción, las cuales se mencionan brevemente a continuación:

- Por el diseño de la instrumentación y dispositivos de protección debe considerarse la protección de las instalaciones, la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente, cumpliendo con lo establecido en las normas de Petróleos Mexicanos y los códigos internacionales vigentes.
- La memoria de cálculo debe incluir especialmente los riesgos evaluados y los instrumentos dispositivos que los previenen.
- La identidad que diseña debe recabar por escrito de la rama operativa las necesidades mínimas en cuanto a instrumentación y dispositivos de protección, así como de aquellas características locales que constituyan un factor influenciante.
- Se debe tomar en cuenta aquellas características de riesgo que puedan eliminarse o minimizar mediante la instalación de instrumentos o dispositivos de instrumentación.
- Deben considerarse específicamente las necesidades de protección al medio ambiente.
- En las especificaciones de diseño deben particularizarse las características agresivas o de otra índole del crudo, de las condiciones de operación y del medio ambiente.
- Deben tomarse en cuenta las variaciones anormales de la operación, ya sea imprevistas o planeadas, condiciones pico o permanentes tales como el flujo inverso, paros, cierres imprevistos de válvulas, fugas o rupturas, y su relación con la topografía del fondo marino, para evitar que se rebase la capacidad u otras características de la instrumentación o de los dispositivos de seguridad.
- El diseño debe indicar especificar la localización de los instrumentos y dispositivos de protección con objeto de que ésta sea la adecuada para cumplir con sus funciones, mostrándose en los diagramas de flujo.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

- El diseño debe contemplar las características y localización necesaria para protección contra daño físico ya sea por personal externo o interno: intencional o accidentalmente, así como para su *operación y mantenimiento*.
- En la aprobación del diseño debe intervenir la rama operativa, sin cuya firma de *aceptación* no podrá iniciarse ningún trámite de adquisición o construcción. Así mismo debe ser aprobada por la Gerencia de Seguridad e Higiene Industrial Institucional. Para esta aprobación es requisito indispensable *anexar memoria de cálculo, planos, antecedentes y demás información necesaria*.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### V.1 LISTA DE DESVIACIONES POR NODO

1.- Oleoducto ascendente de 36" en la plataforma AKAL-J		
Tipo: Ducto Ascendente		
Referencia: DTI-T-01		
Condiciones de Diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P = 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69 ° C		
1. No Flujo	No	Flujo
2. Bajo Flujo	Bajo	Flujo
3. Alto Flujo	Alto	Flujo
4. Baja Presión	Baja	Presión
5. Alta Presión	Alta	Presión
6. Fuga	A demás de	Flujo
7. Ruptura	De otro modo	Flujo
2.- Oleoducto Submarino de 36" de diámetro x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el Cabezal de Distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)		
Tipo: Línea Regular		
Referencia: DTI-T-01		
Condiciones de Diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P = 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69 ° C		
1. No Flujo	No	Flujo
2. Bajo Flujo	Bajo	Flujo
3. Alto Flujo	Alto	Flujo
4. Baja Presión	Baja	Presión
5. Alta Presión	Alta	Presión
6. Fuga	A demás de	Flujo
7. Ruptura	De otro modo	Flujo
3.- Cabezal de Distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)		
Tipo: Cabezal de Distribución		
Referencia: DTI-T-01		
Condiciones de Diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P = 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69 ° C		
1. No Flujo	No	Flujo
2. Bajo Flujo	Bajo	Flujo
3. Alto Flujo	Alto	Flujo
4. Baja Presión	Baja	Presión
5. Alta Presión	Alta	Presión
6. Fuga	A demás de	Flujo
7. Ruptura	De otro modo	Flujo



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 1. Oleoducto ascendente de 36" en la Plataforma AKAL-J	
Tipo: Ducto ascendente	Referencia: DT1-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm2; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
1.1 No Flujo				
1. Válvula principal de salida en AKAL-J-1 cerrada por falla		1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicación y registro de Presión y Flujo en AKAL-J-1 2. Indicación de posición de válvula	1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO. 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo
2. Válvula de Paro de emergencia SDV-3020 cerrada por falla		1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicación de posición de válvula ZIC y ZIO 2. Indicación y registro de Presión y flujo en AKAL-J-1	1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO. 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo
3. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 cerrada por falsa señal de PSL ó PSH		1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicador de presión PI independiete al interruptor por baja presión PSL 2. Interruptor manual HS independiete al PSL	27. Implementar procedimiento de mantenimiento y verificación de funcionalidad del PSL, indicando precauciones para no disparar los interruptores por error.
4. Paro de estación de bombeo		1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. La turbina está equipada con dispositivos de paro de equipo: Si la presión de aceite lubricante es demasiado baja, si la temperatura de aceite	20. Semanalmente se debe verificar el nivel de electrolito de las baterías y rellenar con agua destilada según convenga.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 1. Oleoducto ascendente de 36" en la Plataforma AKAL-J	
Tipo: Ducto ascendente	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm2; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
1.1 cont'd				
4. cont'd			<ul style="list-style-type: none"> <li>1. cont'd Lubricante o la del ciclo son demasiado altas, sobrevelocidad, falla de flama.</li> <li>2. Alarma visual y sonora por alta temperatura de aceite lubricante</li> <li>3. Alarma visual y auditiva por alta temperatura del ciclo</li> </ul>	21. De manera mensual, se debe reforzar la carga de las baterías, verificar y recalibrar todos los termocoples, los circuitos de medición de temperatura e instrumentos. Verificar las condiciones de la flama de la cámara de combustión.
5. Falta de suministro a AKAL-J-1		1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicación y registro de presión y flujo a la salida de AKAL-J-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO.</li> <li>3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo</li> </ul>
6. Fuga corriente arriba en línea 36"-P-3020-D57A		1. Liberación de material inflamable y contaminante	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Válvulas de paro de emergencia para aislamiento de línea</li> <li>2. Plan de emergencia por fuga en plataforma</li> </ul>	22. Implementar una adecuada inspección en tubería
1.2 Bajo Flujo				
1. Bajo suministro en AKAL-J-1		1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Interruptor por baja presión PSL.</li> <li>2. Medición y registro de flujo en AKAL-J-1</li> </ul>	28. Verificar las condiciones de operación y corregir si está dentro del control de operación



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 1. Oleoducto ascendente de 36" en la Plataforma AKAL-J	
Tipo: Ducto ascendente	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
<b>1.3 Alto Flujo</b>				
	1. Sobrevelocidad en turbobomba	1. Menor presión de descarga	1. Regulador de velocidad hidráulico y compensación. éste controla la turbina en una gama de completa de potencias y permite que la velocidad de salida sea gobernada entre 50 y 100% de la velocidad plena. 2. Dispositivos de paro de turbina. 3. Indicador de RPM en turbobombas	23. Revisión del reductor de velocidad en la bomba
<b>1.4 Baja Presión</b>				
	1. Cierre parcial de válvula principal en AKAL-J-1.	1. Modificación de las condiciones operacionales en AKAL-J-1 2. Posible paro de turbobomba por modificación en condiciones de operación	1. Indicación y registro de Presión y flujo en salida de AKAL-J-1 2. Dispositivos de protección en turbobomba	2. Verificar la existencia y funcionalidad de los dispositivos de protección de turbobombas 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo
	2. Falla en turbobombas	1. Modificación de las condiciones operacionales en AKAL-J-1 2. Posible paro de turbobomba por modificación en condiciones de operación	1. Indicación y registro de Presión y flujo en salida de AKAL-J-1 2. Dispositivos de protección en turbobomba	2. Verificar la existencia y funcionalidad de los dispositivos de protección de turbobombas 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 1. Oleoducto ascendente de 36" en la Plataforma AKAL-J	
Tipo: Ducto ascendente	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO, Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
<b>I.5 Alta Presión</b>				
	1. Falla en turbobombas (Alta presión)	1. Sobrepresionamiento de línea	1. Dispositivos de protección de turbobomba, Alarma y Paro por alta presión 2. Sistema de alivio de presión	2. Verificar la existencia y funcionalidad de los dispositivos de protección de turbobombas 4. Inspección periódica del sistema de alivio de presión
<b>I.6 Fuga</b>				
	1. Fuga en el cuerpo y/o empaques de válvula SDV-3020 o bridas W. N y MAF	1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Monitoreos externos 2. Indicación, registro y alarma por baja presión 3. Válvula principal de salida en AKAL-J-1	24. Implementar una adecuada inspección en empaques de válvulas y bridas
	2. Ruptura de línea	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción 3. Impacto al medio ambiente	1. Alarma por baja presión PAL 2. Interruptor por baja presión PSL para cierre de válvula de paro de emergencia SDV-3020	22. Implementar una adecuada inspección en tubería
	3. Inadecuado atornillado de espárragos	1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020	5. Implementar y aplicar correctamente procedimientos de reemplazo y recolocación de espárragos
	4. Sobretenión de línea.	1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020	22. Implementar una adecuada inspección en tubería



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 1. Oleoducto ascendente de 36" en la Plataforma AKAL-J	
Tipo: Ducto ascendente	Referencia: DTL-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm2; T = 69° C	

Dev	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
1.7 Ruptura				
1. Línea sometida a sobretenión	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción 3. Impacto al medio ambiente	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1 2. Interruptor por baja presión PSL 3. Considerar los siguientes factores que influyen en el desplazamiento total de la línea: cambios de temperatura, presión interna, presión hidrostática, peso sumergido de la línea incluyendo recubrimientos y contenido, resistencia de secciones adyacentes a la línea tal como el ducto ascendente y parte de la línea regular que le proporcionan lo que se llama "ancla virtual". 4. Soportes y guías de tuberías adecuados 5. El análisis de fatiga se lleva a cabo para que no se presente falla durante la vida útil esperada 6. Curvas de expansión	18. Toda fluctuación de esfuerzos de suficiente magnitud y frecuencia debe ser considerada en el análisis de fatiga (vibraciones por vorticidad, acción del oleaje y movimientos de la plataforma) 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)	
2. Cargas por corrientes	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1 2. Interruptor por baja presión PSL	29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 1. Oleoducto ascendente de 36" en la Plataforma AKAL-J	
Tipo: Ducto ascendente	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
1.7 cont'd				
2. cont'd		3. Impacto al medio ambiente	3. Las velocidades de corriente supuestas para el diseño incluyen las contribuciones de las corrientes por mareas, corrientes inducidas por huracanes, corrientes por tormentas, y otros posibles fenómenos. 4. Datos de diseño obtenidos por estadística o simulaciones numéricas.	
3. Corrosión		1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción 3. Impacto al medio ambiente	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1 2. Interruptor por baja presión PSU 3. Recubrimientos externos e internos de los ductos considerando las condiciones de mar y propiedades del fluido. 4. Protección catódica 5. Ánodos de sacrificio 6. Inhibidores de corrosión 7. Límites de corrosión permisibles 8. Internos resistentes a la corrosión	12. Elaborar programas estrictos de mantenimiento y control de corrosión y elaboración de un manual para llevarlos a cabo 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
4. Impacto marino		1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1	29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### V.2 HOJAS DE TRABAJO

<b>Nodo:</b> 1. Oleoducto ascendente de 36" en la Plataforma AKAL-J	
<b>Tipo:</b> Ducto ascendente	<b>Referencia:</b> DTI-T-01
<b>Condiciones de diseño/Parámetros:</b> Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
1.7 cont'd				
4. cont'd		2. Pérdida de producción 3. Impacto al medio ambiente	2. Interruptor por baja presión PSL 3. Cualquier carga de la línea o cualquier otra línea viva será minimizado 4. Se toman en cuenta tolerancias de instalación para asegurar que la línea sea posicionada adecuadamente 5. El sistema de protección catódica considerado para asegurar que no existan interferencias adversas entre éstas y otras líneas 6. Barreras de protección contra impacto	
5. Cargas sísmicas		1. Pérdida de producción 2. Impacto al medio ambiente	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 2. Interruptor por baja presión PSL 3. Basado en el Criterio Transitorio, el potencial de movimiento vertical en el lecho marino es probablemente menor que 25 a 50 mm y el potencial de movimiento horizontal de 50 a 75 mm. Ya que estos valores son menores que los	25. Para el caso de cargas sísmicas: Tomar en cuenta los movimientos inducidos por oleaje, ya que reportan valores superiores 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 1. Oleoducto ascendente de 36" en la Plataforma AKAL-J	
Tipo: Ducto ascendente	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
1.7 cont'd				
5. cont'd			3. cont'd movimientos inducidos por oleaje, el diseño de las líneas se gobierna por el oleaje.	
6. Impactos por objetos caídos	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Pérdida de producción</li> <li>3. Impacto al medio ambiente</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1</li> <li>2. Interruptor por baja presión PSL en AKAL-J-1</li> <li>3. La tubería no está diseñada para resistir cargas específicas por objetos caídos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>15. Si la evaluación de riesgo mostrara un nivel inaceptable, entonces se deberán proponer medidas de protección</li> <li>29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)</li> </ul>
7. Interacciones por actividades marinas ocasionadas por terceras personas	<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Pérdida de producción</li> <li>3. Impacto al medio ambiente</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1</li> <li>2. Interruptor por baja presión PSL en AKAL-J-1</li> <li>3. El diseño de la tubería al impacto de anclas de barcas de construcción es considerado impráctico. Se considera el riesgo de la tubería por otras actividades de la construcción o equipo</li> <li>4. Se evalúa el riesgo por anclaje o hundimiento de embarcaciones marinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>16. Deberá considerarse cualquier requisito solicitado por alguna autoridad, que permita proporcionar el diseño de un cruce seguro (Cartas de Navegación)</li> <li>17. Se debe adoptar un control estricto de las actividades marinas a fin de minimizar el riesgo. Si los riesgos son inaceptables, deberán adoptarse medidas de protección específicas.</li> </ul>



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 1. Oleoducto ascendente de 36" en la Plataforma AKAL-J	
Tipo: Ducto ascendente	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm2, T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
1.7 cont'd				
7. cont'd			5. Barreras de protección contra impacto	
8. Cargas por olas		1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción 3. Impacto al medio ambiente	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-I 2. Interruptor por baja presión PSL 3. Las cargas por olas son predichas mediante modelos adecuados, conforme al Criterio Transitorio para Evaluación de Tubería Submarina	29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
9. Cargas por marea		1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción 3. Impacto al medio ambiente	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-I 2. Interruptor por baja presión PSL 3. Las cargas por mareas son predichas mediante modelos adecuados	29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
10. Cargas por viento		1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción 3. Impacto al medio ambiente	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-I 2. Interruptor por baja presión PSL 3. Los datos de viento supuestos para la determinación de las cargas, basados en información estadística.	29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 1. Oleoducto ascendente de 36" en la Plataforma AKAL-J	
Tipo: Ducto ascendente	Referencia: DT1-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
1.7 cont'd				
	10. cont'd		4. Para levantamientos, utilizar los mismos datos estadísticos que para la plataforma 5. En adición a la determinación de la máxima carga estática de viento, la posibilidad de vibraciones debido a las cargas cíclicas inducidas por el viento deben ser tomadas en cuenta.	



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

<p>Nodo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)</p>	
<p>Tipo: Línea regular</p>	<p>Referencia: DTI-T-01</p>
<p>Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm<sup>2</sup>; T = 69° C</p>	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.1 No Flujo				
	1. Válvula principal de salida en AKAL-J-1 cerrada por falla	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicación y registro de Presión y Flujo en AKAL-J-1 2. Indicación de posición de válvula	1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO. 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo
	2. Válvula de Paro de emergencia SDV-3020 cerrada por falla	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicación de posición de válvula ZIC y ZIO 2. Indicación y registro de Presión y flujo en AKAL-J-1	1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO. 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo
	3. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 cerrada por falsa señal de PSL ó PSH	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicador de presión PI independiente al interruptor por baja presión PSL 2. Interruptor manual HS independiente al PSL	27. Implementar procedimiento de mantenimiento y verificación de funcionalidad del PSL, indicando precauciones para no disparar los interruptores por error.
	4. Paro de estación de bombeo	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. La turbina está equipada con dispositivos de paro de equipo: Si la presión de aceite lubricante es demasiado baja, si la	20. Semanalmente se debe verificar el nivel de electrolito de las baterías y rellenar con agua destilada según



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nudo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)	
Tipo: Línea regular	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.1 cont'd				
	4. cont'd		1. cont'd temperatura de aceite lubricante o la del ciclo son demasiado altas, <i>sobrevelocidad</i> , falla de flama. 2. Alarma visual y sonora por alta temperatura de aceite lubricante 3. Alarma visual y auditiva por alta temperatura del ciclo	20. cont'd convenga. 21. De manera mensual, se debe reforzar la carga de las baterías, verificar y recalibrar todos los termocoples, los circuitos de medición de temperatura e instrumentos. Verificar las condiciones de la flama de la cámara de combustión.
	5. Falta de suministro a AKAL-J-1	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicación y registro de presión y flujo a la salida de AKAL-J-1	1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO. 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo
	6. Ruptura en ducto ascendente de 36" en AKAL-J-1	1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Válvulas de paro de emergencia para aislamiento de línea 2. Plan de emergencia por fuga en plataforma	22. Implementar una adecuada inspección en tubería
2.2 Bajo Flujo				
	1. Bajo suministro en AKAL-J-1	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución	1. Interruptor por baja presión PSL	28. Verificar las condiciones de



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)	
Tipo: Línea regular	Referencia: DT1-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> , T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.2 cont'd				
1. cont'd		1. cont'd (PLEM)	2. Medición y registro de flujo en AKAL-J-1	28. cont'd operación y corregir si está dentro del control de operación
2. Fuga corriente arriba en ducto ascendente de 36" en AKAL-J		1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Válvulas de paro de emergencia para aislamiento de línea 2. Plan de emergencia por fuga en plataforma	22. Implementar una adecuada inspección en tubería
2.3 Alto Flujo				
1. Sobrevelocidad en turbobomba		1. Menor presión de descarga	1. Regulador de velocidad hidráulico y compensación. Este controla la turbina en una gama de completa de potencias y permite que la velocidad de salida sea gobernada entre 50 y 100% de la velocidad plena. 2. Dispositivos de paro de turbina. 3. Indicador de RPM en turbobombas	23. Revisión del reductor de velocidad en la bomba
2.4 Baja Presión				
1. Cierre parcial de válvula principal en AKAL-J-1.		1. Modificación de las condiciones operacionales en AKAL-J-1	1. Indicación y registro de Presión y flujo en salida de AKAL-J-1 2. Dispositivos de protección en	2. Verificar la existencia y funcionalidad de los dispositivos de protección de turbobombas



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V 2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)	
Tipo: Línea regular	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.4 cont'd				
1. cont'd		2. Posible paro de turbobomba por modificación en condiciones de operación	2. cont'd turbobomba	3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo
2. Falla en turbobombas		1. Modificación de las condiciones operacionales en AKAL-J-1 2. Posible paro de turbobomba por modificación en condiciones de operación	1. Indicación y registro de Presión y flujo en salida de AKAL-J-1 2. Dispositivos de protección en turbobomba	2. Verificar la existencia y funcionalidad de los dispositivos de protección de turbobombas 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo
3. Fuga corriente arriba en ducto ascendente de 36" en AKAL-J		1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Válvulas de paro de emergencia para aislamiento de línea 2. Plan de emergencia por fuga en plataforma	22. Implementar una adecuada inspección en tubería
2.5 Alta Presión				
1. Falla en turbobombas (Alta presión)		1. Sobrepresionamiento de línea	1. Dispositivos de protección de turbobomba, Alarma y Paro por alta presión 2. Sistema de alivio de presión	2. Verificar la existencia y funcionalidad de los dispositivos de protección de turbobombas 4. Inspección periódica del sistema de alivio de presión



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

<p>Nodo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)</p>	
<p>Tipo: Línea regular</p>	<p>Referencia: DTI-T-01</p>
<p>Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm<sup>2</sup>; T= 69° C</p>	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.6 Fuga				
1. Ruptura en línea	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Impacto al medio ambiente</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Impacto al medio ambiente</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indicación y registro de presión</li> <li>2. Cierre de válvula de paro de emergencia SDV-3020</li> <li>3. Monitoreos constantes mediante lanzamiento de diablos instrumentados</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO.</li> <li>9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta.</li> <li>26. Llevar a cabo una corrida de diablo instrumentado como lo indican las prácticas recomendadas</li> <li>29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)</li> </ol>
2. Sobretensión en línea	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Impacto al medio ambiente</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Impacto al medio ambiente</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indicación y registro de presión</li> <li>2. Cierre de válvula de paro de emergencia SDV-3020</li> <li>3. Monitoreos constantes mediante lanzamiento de diablos instrumentados</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO.</li> <li>9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta.</li> <li>26. Llevar a cabo una corrida de diablo instrumentado como lo indican las prácticas recomendadas</li> <li>29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)</li> </ol>



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)	
Tipo: Línea regular	Referencia: DTJ-F-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.6 cont'd				
3. Fuga en el cuerpo y/o empaques de la válvula V-1 36"		1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente	1. Procedimientos de inspección y pruebas de seguridad	8. Monitores externos 9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta. 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
4. golpe de ariete		1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente	1. Válvulas automáticas de cierre lento 2. Adecuado tendido y lastrado de tuberías	10. Verificar análisis hidráulico 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
5. Inadecuado atornillado de los espárragos		1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente	1. Procedimientos de inspección y pruebas de seguridad 2. Procedimientos de mantenimiento para atornillado	5. Implementar y aplicar correctamente procedimientos de reemplazo y recolocación de espárragos 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
2.7 Ruptura				
1. Cargas por corrientes		1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente	1. Las velocidades de corriente supuestas para el diseño incluyen las contribuciones de las corrientes por mareas, corrientes inducidas por	9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta. 11. Revisión de registros de tendido



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

<p><b>Nodo:</b> 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)</p>	
<p><b>Tipo:</b> Línea regular</p>	<p><b>Referencia:</b> DTI-T-01</p>
<p><b>Condiciones de diseño/Parámetros:</b> Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm<sup>2</sup>; T = 69° C</p>	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.7 cont'd				
1. cont'd		3. Pérdida de producción	<p>1. cont'd huracanes, corrientes por tormentas, y otros posibles fenómenos.</p> <p>2. Datos de diseño obtenidos por estadística o simulaciones numéricas, de acuerdo al Criterio Transitorio para Evaluación de Tubería Submarina</p> <p>3. Interruptor manual HS en AKAL-J-1 para cierre de SDV-3020</p>	<p>29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)</p>
2. Cargas sísmicas	<p>1. Liberación de material inflamable y contaminante</p> <p>2. Impacto al medio ambiente</p> <p>3. Pérdida de producción</p>		<p>1. Basado en el Criterio Transitorio, el potencial de movimiento vertical en el fondo marino es probablemente menor que 25 a 50 mm y el potencial de movimiento horizontal de 50 a 75 mm. Ya que estos valores son menores que los movimientos inducidos por oleaje, el diseño de las líneas se gobierna por el oleaje.</p>	<p>9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta.</p> <p>29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)</p>
3. Corrosión		1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Recubrimientos externos e internos de los ductos considerando las condiciones de mar y	9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J

y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)

Tipo: Línea regular

Referencia: DTI-T-01

Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm<sup>2</sup>; T = 69° C

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.7 cont'd				
3. cont'd	2. Impacto al medio ambiente 3. Pérdida de producción		1. cont'd propiedades del fluido. 2. Protección catódica 3. Ánodos de sacrificio 4. Inhibidores de corrosión 5. Límites de corrosión permisibles 6. Internos resistentes a la corrosión	12. Elaborar programas estrictos de mantenimiento y control de corrosión y elaboración de un manual para llevarlos a cabo 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
4. Golpe de ariete	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente 3. Pérdida de producción		1. Válvulas automáticas de cierre lento 2. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-I.	9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta. 10. Verificar análisis hidráulico 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
5. Impacto marino	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente 3. Pérdida de producción		1. Parámetros de diseño y filosofías para cruces con líneas existentes: los ángulos de cruce entre las líneas será mayor a 30° y lo más cercano a 90°. 2. La separación vertical requerida entre las líneas existentes debe ser no menor de 1 metro, la línea que cruza debe permanecer	9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta. 13. Monitoreos constantes 14. Si se han identificado cruces futuros, la tubería ha de bajarse en esas localizaciones para cumplir la separación vertical requerida de por lo menos 1 metro y que permita al cruce futuro



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

<p>Nodo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)</p>	
<p>Tipo: Línea regular</p>	<p>Referencia: DTI-T-01</p>
<p>Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm<sup>2</sup>; T = 69° C</p>	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.7 cont'd				
5. cont'd			<p>2. cont'd enterrada 1 metro como mínimo. De otra manera, todos los cruces expuestos deberán estar completamente protegidos de impactos ambientales o accesorios que se depositen en el fondo marino.</p> <p>3. Para realizar los cruces se utilizarán como protección y apoyo placas de concreto prefabricados .</p> <p>4. Cualquier carga de la línea o cualquier otra línea viva será minimizado</p> <p>5. Se toman en cuenta tolerancias de instalación para asegurar que la línea sea posicionada adecuadamente</p> <p>6. Se evalúa el pandeo por levantamiento en el cruce, de ser necesario.</p> <p>7. El sistema de protección catódica se considera para asegurar que no existan interferencias adversas entre éstas y otras líneas</p>	<p>14. cont'd ser enterrado por lo menos 1 metro.</p> <p>29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)	
Tipo: Línea regular	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.7 cont'd				
5. cont'd			8. Se lleva a cabo el análisis de esfuerzos en el cruce para asegurar que los esfuerzos y longitudes de tubería sin apoyo generados en el cruce no excedan los criterios de diseño.	
6. Impactos por objetos caídos	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente		1. La tubería no está diseñada para resistir cargas específicas por objetos caídos 2. Interruptor manual en AKAL-J-1 para cierre de SDV-3020	9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta. 15. Si la evaluación de riesgo mostrara un nivel inaceptable, entonces se deberán proponer medidas de protección 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
7. Interacción con actividades marinas ocasionadas por terceras personas	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente 3. Pérdida de producción		1. Las líneas de navegación o cruces de rutas de navegación se salvarán mediante zanjas u otros medios recomendables que permitan su relleno natural 2. El diseño de la tubería al impacto de anclas de barcasas de construcción es	9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta. 16. Deberá considerarse cualquier requisito solicitado por alguna autoridad, que permita proporcionar el diseño de un cruce seguro (Cartas de Navegación)



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)	
Tipo: Línea regular	Referencia: DT1-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO, Gasto: 800 MBD, P= 77 Kg/cm2, T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.7 cont'd				
7. cont'd			2. cont'd considerado impráctico. Se considera el riesgo de la tubería por otras actividades de la construcción o equipo 3. Se evalúa el riesgo por anclaje o hundimiento de embarcaciones marítimas. 4. Interruptor manual en AKAL-J-1 para cierre de SDV-3020	17. Se debe adoptar un control estricto de las actividades marítimas a fin de minimizar el riesgo. Si los riesgos son <i>inaceptables</i> , deberán adoptarse medidas de protección específicas. 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
8. Línea sometida a sobretensión	1. Liberación de material inflamable 2. Impacto al medio ambiente		1. Tendido y lastrado de tuberías adecuado 2. El análisis de fatiga se lleva a cabo para que no se presente falla durante la vida útil esperada 3. Considerar los siguientes factores que influyen en el desplazamiento total de la línea: cambios de temperatura, presión interna, presión hidrostática, peso sumergido de la línea incluyendo recubrimientos y contenido, resistencia de secciones adyacentes a la línea tal como el ducto ascendente y parte de la	9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta. 13. Monitoreos constantes 18. Toda fluctuación de esfuerzos de suficiente magnitud y frecuencia debe ser considerada en el análisis de fatiga (vibraciones por vorticidad, acción del oleaje y movimientos de la plataforma) 19. Deberán estudiarse métodos de reducción en la expansión si las calculadas resultan excesibles 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 2. Oleoducto submarino de 36" x 30 Km. de longitud. Entre la plataforma AKAL-J y el cabezal de distribución (PLEM) para la Unidad de Almacenamiento y Descarga Flotante (FSO)	
Tipo: Línea regular	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
2.7 cont'd				
	8. cont'd		3. cont'd línea regular que le proporcionan lo que se llama "ancla virtual", fricción del suelo 4. Curvas de expansión 5. Válvulas de aislamiento de línea 6. Interruptor manual HS en AKAL-J-1 para cierre de SDV-3020	29. cont'd (ver anexo II)



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 3. Cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de Almacenamiento y descarga flotante (FSO)	
Tipo: Cabezal de Distribución	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
<b>3.1 No Flujo</b>				
1. Válvula principal de salida en AKAL-J-1 cerrada por falla	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicación y registro de Presión y Flujo en AKAL-J-1 2. Indicación de posición de válvula	1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO. 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo
2. Válvula de Paro de emergencia SDV-3020 cerrada por falla	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicación de posición de válvula ZIC y ZIO 2. Indicación y registro de Presión y flujo en AKAL-J-1	1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO. 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo
3. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 cerrada por falsa señal de PSL ó PSH	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicador de presión PI independiente al interruptor por baja presión PSL 2. Interruptor manual HS independiente al PSL	27. Implementar procedimiento de mantenimiento y verificación de funcionalidad del PSL, indicando precauciones para no disparar los interruptores por error.
4. Paro de estación de bombeo	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. La turbina está equipada con dispositivos de paro de equipo: Si la presión de aceite lubricante es demasiado baja, si la temperatura de aceite	20. Semanalmente se debe verificar el nivel de electrolito de las baterías y rellenar con agua destilada según convenga.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 3 Cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de Almacenamiento y descarga flotante (FSO)	
Tipo: Cabezal de Distribución	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
3.1 cont'd				
4. cont'd			<ol style="list-style-type: none"> <li>cont'd Lubricante o la del ciclo son demasiado altas, sobrevelocidad, falla de flama.</li> <li>Alarma visual y sonora por alta temperatura de aceite lubricante</li> <li>Alarma visual y auditiva por alta temperatura del ciclo</li> </ol>	21. De manera mensual, se debe reforzar la carga de las baterías, verificar y recalibrar todos los termocoples, los circuitos de medición de temperatura e instrumentos. Verificar las condiciones de la flama de la cámara de combustión.
5. Falta de suministro a AKAL-J-1		1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	1. Indicación y registro de presión y flujo a la salida de AKAL-J-1	<ol style="list-style-type: none"> <li>Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO.</li> <li>Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo</li> </ol>
6. Fuga corriente en oleoducto submarino de 36"		1. Liberación de material inflamable y contaminante	<ol style="list-style-type: none"> <li>Válvulas de paro de emergencia para aislamiento de línea</li> <li>Plan de emergencia por fuga en plataforma</li> </ol>	22. Implementar una adecuada inspección en tubería
3.2 Bajo Flujo				
1. Bajo suministro en AKAL-J-1		1. Falta de suministro en el cabezal de distribución (PLEM)	<ol style="list-style-type: none"> <li>Interruptor por baja presión PSL</li> <li>Medición y registro de flujo en AKAL-J-1</li> </ol>	28. Verificar las condiciones de operación y corregir si está dentro del control de operación



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 3. Cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de Almacenamiento y descarga flotante (FSO)	
Tipo: Cabezal de Distribución	Referencia: DT1-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO, Gasto: 800 MBD, P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
3.2 cont'd				
	2. Fuga en oleoducto submarino de 36"	1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Válvulas de paro de emergencia para aislamiento de línea 2. Plan de emergencia por fuga en plataforma	22. Implementar una adecuada inspección en tubería
3.3 Alto Flujo				
	1. Sobrevelocidad en turbobomba	1. Menor presión de descarga	1. Regulador de velocidad hidráulico y compensación. éste controla la turbina en una gama de completa de potencias y permite que la velocidad de salida sea gobernada entre 50 y 100% de la velocidad plena. 2. Dispositivos de paro de turbina. 3. Indicador de RPM en turbobombas	23. Revisión del reductor de velocidad en la bomba
3.4 Baja Presión				
	1. Cierre parcial de válvula principal en AKAL-J-1.	1. Modificación de las condiciones operacionales en AKAL-J-1 2. Posible paro de turbobomba por modificación en condiciones de operación	1. Indicación y registro de Presión y flujo en salida de AKAL-J-1 2. Dispositivos de protección en turbobomba	2. Verificar la existencia y funcionalidad de los dispositivos de protección de turbobombas 3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 3. Cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de Almacenamiento y descarga rotante (FSO)	
Tipo: Cabezal de Distribución	Referencia: DT1-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
3.4 cont'd				
2. Falla en turbobombas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modificación de las condiciones operacionales en AKAL-J-1</li> <li>2. Posible paro de turbobomba por modificación en condiciones de operación</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Indicación y registro de Presión y flujo en salida de AKAL-J-1</li> <li>2. Dispositivos de protección en turbobomba</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Verificar la existencia y funcionalidad de los dispositivos de protección de turbobombas</li> <li>3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo</li> </ol>
3. Fuga en oleoducto submarino de 36"		1. Liberación de material inflamable y contaminante	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Válvulas de paro de emergencia para aislamiento de línea</li> <li>2. Plan de emergencia por fuga en plataforma</li> </ol>	22. Implementar una adecuada inspección en tubería
3.5 Alta Presión				
1. Falla en turbobombas (Alta presión)		1. Sobrepresionamiento de línea	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dispositivos de protección de turbobomba, Alarma y Paro por alta presión</li> <li>2. Sistema de alivio de presión</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Verificar la existencia y funcionalidad de los dispositivos de protección de turbobombas</li> <li>4. Inspección periódica del sistema de alivio de presión</li> </ol>
3.6 Fuga				
1. Fuga en el cuerpo y/o empaques de válvula V-2 16", V-3 16" ó V-4 36"		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Impacto al medio ambiente</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Monitoreos externos</li> <li>2. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>24. Implementar una adecuada inspección en empaques de válvulas y bridas</li> <li>29. Implementar un plan de prevención y control de derrames</li> </ol>



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 3. Cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de Almacenamiento y descarga flotante (FSO)	
Tipo: Cabezal de Distribución	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
3.6 cont'd				
1. cont'd				29. cont'd (ver anexo II)
2. Ruptura de línea	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente	1. Alarma por baja presión PAL en AKAL-J-1 2. Interruptor por baja presión PSL a válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1	22. Implementar una adecuada inspección en tubería 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
3. Inadecuado atornillado de espárragos	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1	5. Implementar y aplicar correctamente procedimientos de reemplazo y recolocación de espárragos 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
4. Sobretenión de línea.	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Impacto al medio ambiente	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1	22. Implementar una adecuada inspección en tubería 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
3.7 Ruptura				
1. Línea sometida a sobretenión	1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Liberación de material inflamable y contaminante	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1	18. Toda fluctuación de esfuerzos de suficiente magnitud y frecuencia debe ser considerada



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 3. Cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de Almacenamiento y descarga flotante (FSO)	
Tipo: Cabezal de Distribución	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
3.7 cont'd				
1. cont'd		2. Pérdida de producción	2. Considerar los siguientes factores que influyen en el desplazamiento total de la línea: cambios de temperatura, presión interna, presión hidrostática, peso sumergido de la línea incluyendo recubrimientos y contenido, resistencia de secciones adyacentes a la línea tal como el ducto ascendente y parte de la línea regular que le proporcionan lo que se llama "anca virtual". 3. Soportes y guías de tuberías adecuados 4. El análisis de fatiga se lleva a cabo para que no se presente falla durante la vida útil esperada 5. Curvas de expansión	18. cont'd en el análisis de fatiga (vibraciones por vorticidad, acción del oleaje y movimientos de la plataforma) 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
2. Cargas por corrientes		1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción	1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J 2. Las velocidades de corriente supuestas para el diseño incluyen las contribuciones de las corrientes por mareas, corrientes inducidas por huracanes, corrientes	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**

V.2 HOJAS DE TRABAJO

<b>Nodo:</b> 3. Cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de Almacenamiento y descarga flotante (FSO)	
<b>Tipo:</b> Cabezal de Distribución	<b>Referencia:</b> DTI-T-01
<b>Condiciones de diseño/Parámetros:</b> Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
<b>3.7 cont'd</b>				
2. cont'd			2. cont'd por tormentas, y otros posibles fenómenos.	
3. Corrosión	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción		1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1 2. Recubrimientos externos e internos de los ductos considerando las condiciones de mar y propiedades del fluido. 3. Protección catódica 4. Ánodos de sacrificio 5. Inhibidores de corrosión 6. Límites de corrosión permisibles 7. Internos resistentes a la corrosión	12. Elaborar programas estrictos de mantenimiento y control de corrosión y elaboración de un manual para llevarlos a cabo 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
4. Impacto con buque tanque	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción		1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1	1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO. 6. Instalar válvula de corte antes de las derivaciones de 16" 7. Implementar indicadores de presión en la línea principal de llegada y en las



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 3. Cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de Almacenamiento y descarga flotante (FSO)	
Tipo: Cabezal de Distribución	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm2; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
3.7 cont'd				
4. cont'd				7. cont'd derivaciones de 16"
5. Impactos por objetos caídos	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción		1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1 2. La tubería no está diseñada para resistir cargas específicas por objetos caídos	29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II) 15. Si la evaluación de riesgo mostrara un nivel inaceptable, entonces se deberán proponer medidas de protección 29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)
6. Interacciones por actividades marinas ocasionadas por terceras personas	1. Liberación de material inflamable y contaminante 2. Pérdida de producción		1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-1 2. El diseño de la tubería al impacto de anclas de barcasas de construcción es considerado impráctico. Se considera el riesgo de la tubería por otras actividades de la construcción o equipo 3. Se evalúa el riesgo por anclaje o hundimiento de embarcaciones marinas. 4. Barreras de protección contra impacto	16. Deberá considerarse cualquier requisito solicitado por alguna autoridad, que permita proporcionar el diseño de un cruce seguro (Cartas de Navegación) 17. Se debe adoptar un control estricto de las actividades marinas a fin de minimizar el riesgo. Si los riesgos son inaceptables, deberán adoptarse medidas de protección específicas.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

<p><b>Nota:</b> 3. Cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de Almacenamiento y descarga flotante (FSO)</p>	
<p>Tipo: Cabezal de Distribución</p>	<p>Referencia: DTI-T-01</p>
<p>Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm<sup>2</sup>; T = 69° C</p>	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
3.7 cont'd				
7. Cargas por olas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Pérdida de producción</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J</li> <li>2. Las cargas por olas son predichas mediante modelos adecuados, según el Criterio Transitorio para Evaluación de Tubería Submarina</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J</li> <li>2. Las cargas por olas son predichas mediante modelos adecuados, según el Criterio Transitorio para Evaluación de Tubería Submarina</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)</li> </ol>
8. Cargas por marea	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Pérdida de producción</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-I</li> <li>2. Las cargas por mareas son predichas mediante modelos adecuados</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-I</li> <li>2. Las cargas por mareas son predichas mediante modelos adecuados</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)</li> </ol>
9. Cargas por viento	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Pérdida de producción</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Liberación de material inflamable y contaminante</li> <li>2. Pérdida de producción</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Válvula de paro de emergencia SDV-3020 en AKAL-J-I</li> <li>2. Los datos de viento supuestos para la determinación de las cargas, basados en información estadística.</li> <li>3. En adición a la determinación de la máxima carga estática de viento, la posibilidad de vibraciones debido a las cargas cíclicas inducidas por el viento deben ser tomadas en cuenta.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II)</li> </ol>



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

V.2 HOJAS DE TRABAJO

Nodo: 3. Cabezal de distribución (PLEM) para la unidad de Almacenamiento y descarga flotante (FSO)	
Tipo: Cabezal de Distribución	Referencia: DTI-T-01
Condiciones de diseño/Parámetros: Servicio: CRUDO; Gasto: 800 MBD; P= 77 Kg/cm <sup>2</sup> ; T = 69° C	

Desv	Causas	Consecuencias	Medidas de Seguridad	Recomendaciones
3.7 cont'd				
	9. cont'd		4. Para levantamientos, utilizar los mismos datos estadísticos que para la plataforma	



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### Lista de Recomendaciones

Recommendations
1. Garantizar un sistema adecuado de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO. (See: 1.1.1,2,5, 2.1.1,2,5, 2.6.1,2, 3.1.1,2,5, 3.7.4)
2. Verificar la existencia y funcionalidad de los dispositivos de protección de turbobombas (See: 1.4.1,2, 1.5.1, 2.4.1,2, 2.5.1, 3.4.1,2, 3.5.1)
3. Verificar la existencia y funcionalidad de los sistemas de medición de presión y flujo (See: 1.1.1,2,5, 1.4.1,2, 2.1.1,2, 5, 2.4.1,2, 3.1.1,2,5, 3.4.1,2)
4. Inspección periódica del sistema de alivio de presión (See: 1.5.1, 2.5.1, 3.5.1)
5. Implementar y aplicar correctamente procedimientos de reemplazo y recolocación de espárragos (See: 1.6.3, 2.6.5, 3.6.3)
6. Instalar válvula de corte antes de las derivaciones de 16" (See: 3.7.4)
7. Implementar indicadores de presión en la línea principal de llegada y en las derivaciones de 16" (See: 3.7.4)
8. Monitores externos (See: 2.6.3)
9. Implementar un sistema de detección de fugas con tecnología de punta. (See: 2.6.1,2,3, 2.7.1,2,3,4,5,6,7,8)
10. Verificar análisis hidráulico (See: 2.6.4, 2.7.4)
11. Revisión de registros de tendido (See: 2.7.1)
12. Elaborar programas estrictos de mantenimiento y control de corrosión y elaboración de un manual para llevarlos a cabo (See: 1.7.3, 2.7.3, 3.7.3)
13. Monitoreos constantes (See: 2.7.5,8)
14. Si se han identificado cruces futuros, la tubería ha de bajarse en esas localizaciones para cumplir la separación vertical requerida de por lo menos 1 metro y que permita al cruce futuro ser enterrado por lo menos 1 metro. (See: 2.7.5)
15. Si la evaluación de riesgo muestra un nivel inaceptable, entonces se deberán proponer medidas de protección (See: 1.7.6, 2.7.6, 3.7.5)
16. Deberá considerarse cualquier requisito solicitado por alguna autoridad, que permita proporcionar el diseño de un cruce seguro (Cartas de Navegación) (See: 1.7.7, 2.7.7, 3.7.6)
17. Se debe adoptar un control estricto de las actividades marinas a fin de minimizar el riesgo. Si los riesgos son inaceptables, deberán adoptarse medidas de protección específicas. (See: 1.7.7, 2.7.7, 3.7.6)
18. Toda fluctuación de esfuerzos de suficiente magnitud y frecuencia debe ser considerada en el análisis de fatiga (vibraciones por vorticidad, acción del oleaje y movimientos de la plataforma) (See: 1.7.1, 2.7.8, 3.7.1)

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Lista de Recomendaciones

Recommendations
19. Deberán estudiarse métodos de <i>reducción</i> en la expansión si las calculadas resultan <i>excesibles</i> (See: 2.7.8)
20. Semanalmente se debe verificar el nivel de electrolito de las baterías y rellenar con agua destilada según convenga. (See: 1.1.4, 2.1.4, 3.1.4)
21. De manera mensual, se debe reforzar la carga de las baterías, verificar y recalibrar todos los termocoples, los circuitos de medición de temperatura e instrumentos. Verificar las condiciones de la flama de la cámara de combustión. (See: 1.1.4, 2.1.4, 3.1.4)
22. Implementar una adecuada inspección en tubería (See: 1.1.6, 1.6.2.4, 2.1.6, 2.2.2, 2.4.3, 3.1.6, 3.2.2, 3.4.3, 3.6.2.4)
23. Revisión del reductor de velocidad en la bomba (See: 1.3.1, 2.3.1, 3.3.1)
24. Implementar una adecuada inspección en empaques de válvulas y bridas (See: 1.6.1, 3.6.1)
25. Para el caso de cargas sísmicas: Tomar en cuenta los movimientos inducidos por oleaje, ya que reportan valores superiores (See: 1.7.5)
26. Llevar a cabo una corrida de diablo instrumentado como lo indican las prácticas recomendadas (See: 2.6.1.2)
27. Implementar procedimiento de mantenimiento y verificación de funcionalidad del PSL, indicando precauciones para no disparar los interruptores por error. (See: 1.1.3, 2.1.3, 3.1.3)
28. Verificar las condiciones de operación y corregir si está dentro del control de operación (See: 1.2.1, 2.2.1, 3.2.1)
29. Implementar un plan de prevención y control de derrames (ver anexo II) (See: 1.7.1, 2.3.4.5, 6, 8, 9, 10, 2.6.1, 2.3.4.5, 2.7.1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 3.6.1, 2, 3, 4, 3.7.1, 3, 4, 5, 7, 8, 9)



## V.2 RESULTADOS Y ACCIONES DE HAZOP

### V.2.1 RESULTADOS

Considerando el análisis de Riesgos (HAZOP) efectuado en el oleoducto submarino de 36" EPC-40 entre AKAL-J-1 y PLEM, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

1. El diseño, especificación y construcción del oleoducto es adecuado para prevenir las fallas que se pudieran presentar por cargas ambientales.
2. Se cuenta con las protecciones mínimas necesarias para detectar la disminución de presión por ruptura o fuga de crudo en el oleoducto de 36" únicamente en AKAL-J-1.
3. Se dispone de un adecuado sistema de paro de emergencia cuyo accionamiento es por medio de elementos de medición, alarma y disparo, independiente a las variables del proceso en AKAL-J-1.
4. Basándose en la lista de consecuencias que se presenta en el estudio del Análisis de Riesgo, el accidente catastrófico más crítico, que ocurriera en el oleoducto de 36", es la liberación de material inflamable y contaminante, ocasionando:
  - Daños graves al medio ambiente
  - Pérdida de producción en la línea.
  - Incendio en las instalaciones si la fuga se presenta en el oleoducto ascendente o en un punto del ducto ascendente cercano a la plataforma.
5. Es necesario implementar una válvula de corte rápido antes de las derivaciones de 16" y se instalen indicadores de presión en la línea de llegada, así como en cada una de las derivaciones de 16".



### V.2.2 RECOMENDACIONES

Como resultado de la aplicación del Análisis de Riesgos (HAZOP), las recomendaciones pertinentes son las siguientes:

1. Verificar la existencia y funcionamiento de los dispositivos de medición de presión.
2. Verificar el funcionamiento de las alarmas por baja presión y disparos para válvulas de paro de emergencia.
3. Verificar la existencia y funcionamiento de los dispositivos de protección de las turbobombas.
4. Llevar a cabo una inspección periódica del sistema de alivio de presión.
5. Instalar una válvula de corte en ducto ascendente de 36" en FSO antes de las desviaciones de 16".
6. Implementar un plan de emergencia por fuga en plataforma.
7. Garantizar un adecuado sistema de comunicación entre AKAL-J-1 y Buque Tanque en FSO.
8. Efectuar patrullajes constantes en rutas de ducto para detección de fugas.
9. Elaborar programas de mantenimiento a los sistemas de protección de corrosión sobre la base de un manual de procedimientos para llevarlo a cabo.
10. Llevar a cabo una corrida de diablo instrumentado periódica, como lo recomiendan las prácticas, sustituyendo inmediatamente los tramos afectados.
11. Se debe adoptar un estricto control de las actividades marinas a fin de minimizar el riesgo de impactos. Si los riesgos son inaceptables, deberán adoptarse medidas de protección específicas.
12. Deberá considerarse cualquier requisito solicitado por la Secretaría de Marina y por ASIPA-PEMEX, que permita proporcionar el diseño de un cruce seguro.



## VI. CONCLUSIONES

- 1.0 El Análisis de Riesgo por el método HAZOP proporciona un panorama completo de la tecnología utilizada en materia de diseño de ductos submarinos, la localización e identificación de las áreas de instalación de los ductos, la ubicación y flexibilidad de los sistemas de prevención y combate de emergencia, las protecciones de seguridad en zonas críticas y los procedimientos de operación, mantenimiento y seguridad disponibles.
- 2.0 Toda la información presentada en el estudio HAZOP permitirá preparar o completar en forma óptima los procedimientos de operación, planes de arranque y paros de emergencia, sistemas de entrenamiento, programas de mantenimiento, etc.
- 3.0 La metodología de HAZOP es una técnica apropiada para el análisis de riesgo en ductos submarinos debido a que garantiza un examen riguroso de los riesgos del proceso de transporte, además de que identifica claramente los problemas potenciales de tipo operacional que pueden convertirse en eventos graves, lo que satisface la práctica recomendada 75 del API.
- 4.0 La metodología propuesta proporciona una lista de recomendaciones, que da lugar a un proceso de transporte en ductos con menor riesgo.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

## BIBLIOGRAFÍA

Instituto Mexicano del Petróleo (1998). 1ª Edición del Criterio Transitorio para el Diseño y la Evaluación de Líneas Submarinas en la Sonda de Campeche, México, D.F.

Det Norske Veritas (1996). Rules for Submarine Pipelines, Hovik, Norway.

American Institute of Chemical Engineers. "Guidelines for Evaluating Process Buildings for External Explosions and Fires". New York, 1996. PP. 43-100.

Det Norske Veritas. "Offshore Reliability Data Handbook". 2<sup>nd</sup> Edition. Hovik, Norway, 1992. PP. 57-256, 331-376.

American Petroleum Institute. API RP 2A. "Recommended Practice for Planning, Design and Constructing Fixed Offshore Platforms, Working Stress Design". 20<sup>th</sup> Edition 1993

Jinsi B. K.; "Offshore risers must be designed to resist pipeline movements"; Oil and Gas journal, 1996, V. 92, N. 25, PP 42-48, 51, 6/17/96

Mashalay E. S. A.; Datta T. K.; "Seismic Risk Analysis of Buried Pipeline"; Journal of Transportation Engineering; V. 115, N. 3, P.P. 232-252, May, 1989

Magda W; "Wave-Induced Uplift Force on a Submarine Pipeline Buried in a Compressible Seabed"; Ocean Engineering, V 24, N. 6, PP 551-576, June 1997

PEMEX; Norma GPTA III 5: "Manual de Operación para Control de Derrames de Hidrocarburos" Sonda de Campeche; Primera Revisión; 1995

PEMEX; "Plan General de Emergencias para los Sistemas de Transporte de Tubería"; Re.10.1.07; Julio de 1996

PEMEX-IMP; "Análisis de Riesgo del Complejo Marino AKAL-J y Plataformas Satélites"; (PEP-74416101) 1997

CCC Construcciones y Fabricaciones S.A. de C.V.; "EPC-40"; Campo Cantarell; 1998

R.G.Bea; "Risk Based Design and Assessment Criteria for Marine Pipelines in the Bay of Campeche."; IMP; Mexico City, September 10, 1998.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### ANEXO I.

#### PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIÓN DE CORROSIÓN.

##### INSPECCIÓN Y MONITOREO DE LA PROTECCION ANTICORROSIVA EXTERNA.

En el caso de los ductos ascendentes, los daños por corrosión pueden ocurrir en la zona de mareas y en la zona atmosférica, comúnmente debido a daños y/o desprendimiento del recubrimiento. Los ductos ascendentes que transportan líquidos calientes son los más expuestos a sufrir daños por corrosión. En la zona sumergida, ciertos defectos en el recubrimiento no son considerados críticos, a menos que estén combinados con deficiencias en el sistema de protección catódica.

##### DUCTOS ASCENDENTES EN LAS ZONAS DE MAREAS Y ZONAS ATMOSFERICAS.

Inspecciones realizadas por herramientas especiales de uso interno, pueden hacerse para detectar problemas severos de corrosión externa de los ductos ascendentes en cualquiera de las tres zonas. En las zonas atmosféricas y zonas de mareas el mantenimiento preventivo debe realizarse basándose en una inspección visual del recubrimiento. Aparte de las señales perceptibles de daños directos al recubrimiento, la decoloración por óxido, abombado o cuarteado del recubrimiento, son indicadores de que existe óxido por debajo, requiere especial atención.

##### LINEAS Y DUCTOS ASCENDENTES EN LA ZONA SUMERGIDA.

Para una larga protección externa contra la corrosión del oleoducto, sistema de tubería y conductos ascendentes con ánodos de sacrificio, la inspección puede limitarse a monitorear las condiciones de los ánodos.

El excesivo consumo de ánodos es un indicador de que hay deficiencias en el recubrimiento, excepto cuando es cerca de las plataformas, plantillas y otras estructuras donde el drenado actual pueda ocasionar el consumo prematuro de los ánodos de la tubería adyacente.

Medidas potenciales, serán llevadas a cabo, en el caso de los ánodos y de cualquier recubrimiento que exponga el metal desnudo, para verificar que se tenga una protección adecuada. Medición del campo eléctrico gradiente existente cerca de los



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

ánodos, se puede realizar para evaluar semicuantitativamente las salidas de corriente de los ánodos.

En el caso de líneas con sistemas de protección catódica impresos, se deben realizar provisiones para el monitoreo de potenciales de protección más cerca y más lejos del ánodo, de los que se considera normal.

### INSPECCIÓN Y MONITOREO DE LA CORROSION INTERNA

La inspección de la corrosión interna se lleva a cabo para confirmar la integridad del oleoducto de 36" y sistema de tubería en general; por ejemplo condiciones de aceptación con respecto a la corrosión interna, que afecta la capacidad del sistema de soportar cargas de operación internas o externas. El objeto de monitorear el nivel de corrosión interna es comprobar que el fluido sigue no siendo corrosivo, ó en el más común de los casos para evaluar la efectividad de las medidas preventivas contra corrosión.

El monitoreo de corrosión no da por lo regular información cuantitativa de una pérdida crítica del espesor de pared. Aún así este monitoreo se realiza como una forma de medir el espesor de una cierta área seleccionada, y no puede reemplazar los esquemas de inspección del oleoducto de 36", o de una sección de ésta, en todo su largo y circunferencia.

Los requerimientos y la capacidad de las técnicas opcionales para inspección y monitoreo de la corrosión deben ser evaluadas en una etapa temprana del diseño de la línea. Sin embargo, las líneas y ductos ascendentes CRA, normalmente no requieren de inspección y monitoreo de la corrosión interna.

### INSPECCIÓN DE CORROSION

La inspección de la corrosión interna de las líneas se lleva a cabo típicamente usando un diablo calibrador con instrumentos para inspeccionar líneas. Los sistemas para medir el espesor de pared, basados en la detección de fuga de flujo magnético, examinación ultrasónica ó técnicas con corriente EDDY pueden ser contempladas.

Los candidatos a operar los diablos deben presentar documentos que avalen la capacidad de sus sistemas con respecto a la detección de los límites y determinación del tamaño de los defectos de corrosión relevantes (incluyendo la localización de



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

corrosión y las soldaduras circunferenciales) en las dimensiones específicas de la tubería.

### MONITOREO DE CORROSION

Los siguientes principios primordiales en el monitoreo de la corrosión, aplican:

- Análisis de fluidos, por ejemplo, el monitoreo de los parámetros físicos del fluido y muestreo de éste para realizar análisis químicos de sus componentes corrosivo, aditivos retardadores o inhibidores de la corrosión o productos corrosivos.
- Sondeos de corrosión, por ejemplo, pruebas de pérdida de peso u otras pruebas recuperables para la determinación de los porcentajes (niveles) de corrosión, periódica o constantemente.
- Medición del espesor de pared del lugar de origen, por ejemplo, repetidas menciones del espesor de pared en tramos definidos utilizando equipo portátil o permanente instalado.

Las técnicas y el equipo para monitorear la corrosión se seleccionarán de acuerdo a lo siguiente:

- Objetivos del monitoreo, incluyendo los requerimientos para precisión y sensibilidad.
- Corrosividad del fluido y medidas preventivas de corrosión a ser aplicadas.
- Potencial de los mecanismos de corrosión.

Un objetivo aún mayor del monitoreo de corrosión es el detectar cambios, ya sea de corrosividad intrínseca del fluido o de la eficiencia de las medidas preventivas de corrosión.

La correcta selección de las localizaciones para las provisiones de monitoreo es esencial.

Las localizaciones preferibles son esas en las que es más probable que se acumule agua que cause corrosión. Soldaduras, en especial las circunferenciales, las cuales son más susceptibles a ataques localizados que el material base. Para monitorear la corrosión o la erosión /corrosión, las áreas consideradas como críticas son los codos y otras partes que restringen el flujo.



## ANEXO II

### PLAN DE PREVENCIÓN Y CONTROL DE UN DERRAME

En esta sección se presenta mediante diagramas, las diferentes etapas que deberán considerarse para el ataque de un derrame de hidrocarburos. Esta presentación permite comprender y visualizar rápidamente todos los factores que deben conjuntarse durante el control de una contingencia.

En el Esquema II.1 "Diagrama General de Actividades para el Control de un Derrame", se presenta en forma de secuencia las etapas y actividades necesarias para el ataque oportuno de una contingencia desde su detección hasta la disposición final del producto recuperado.

En el Esquema II.2 "Aviso de Emergencia", se ilustra las diferentes dependencias responsables de combatir la contingencia, a quienes se deberá informar del derrame, así como aquella información de carácter esencial que se tiene que proporcionar. Lo anterior permitirá combatir con oportunidad un derrame accidental, reduciendo con ello impactos negativos sobre el medio ambiente.

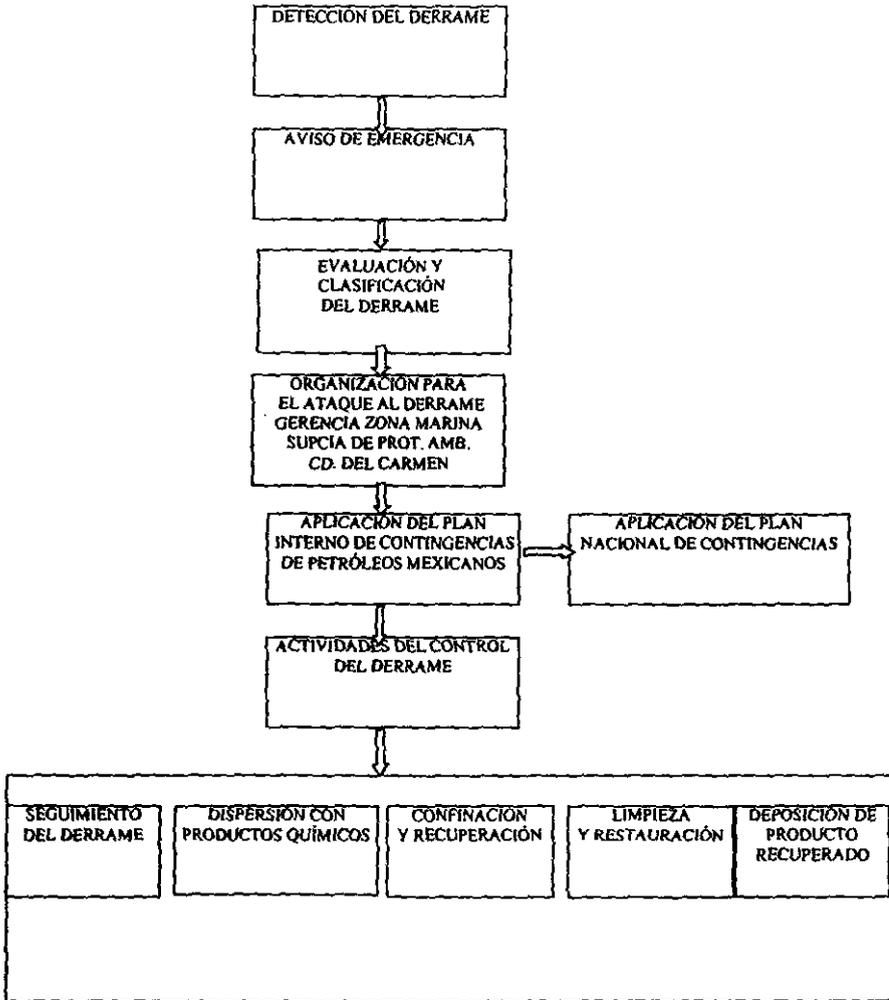
Dentro de este esquema se incluyen los teléfonos de la Unidad de Servicio de Protección y Seguridad, a los que se podrá reportar cualquier contingencia por derrame de hidrocarburos en horarios no hábiles durante los 365 días del año.

El Esquema II.3 "Plan de Acción inmediato para el Control de Derrames Menores y Medianos", presenta los procedimientos operativos específicos para el ataque y control de derrames menores y medianos.

El Esquema II.4 "Plan de Acción Inmediato para Control de Derrames Mayores", muestra las etapas y acciones necesarias para desarrollar en caso de un derrame mayor, es decir, aquella situación en la que el volumen de crudo derramado sobre el mar, sobrepasa de los 5000 bls. de aceite.



ESQUEMA II.1.- DIAGRAMA GENERAL DE ACTIVIDADES PARA EL CONTROL DE UN DERRAME

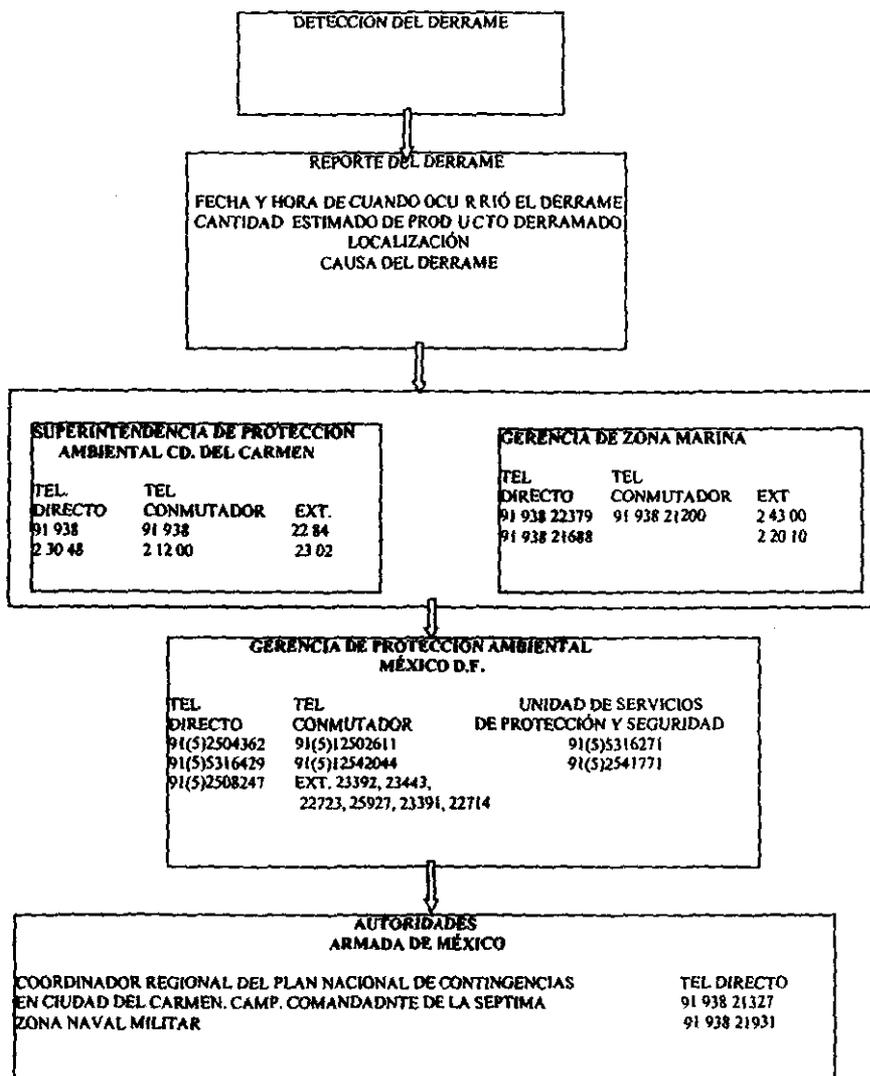




# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

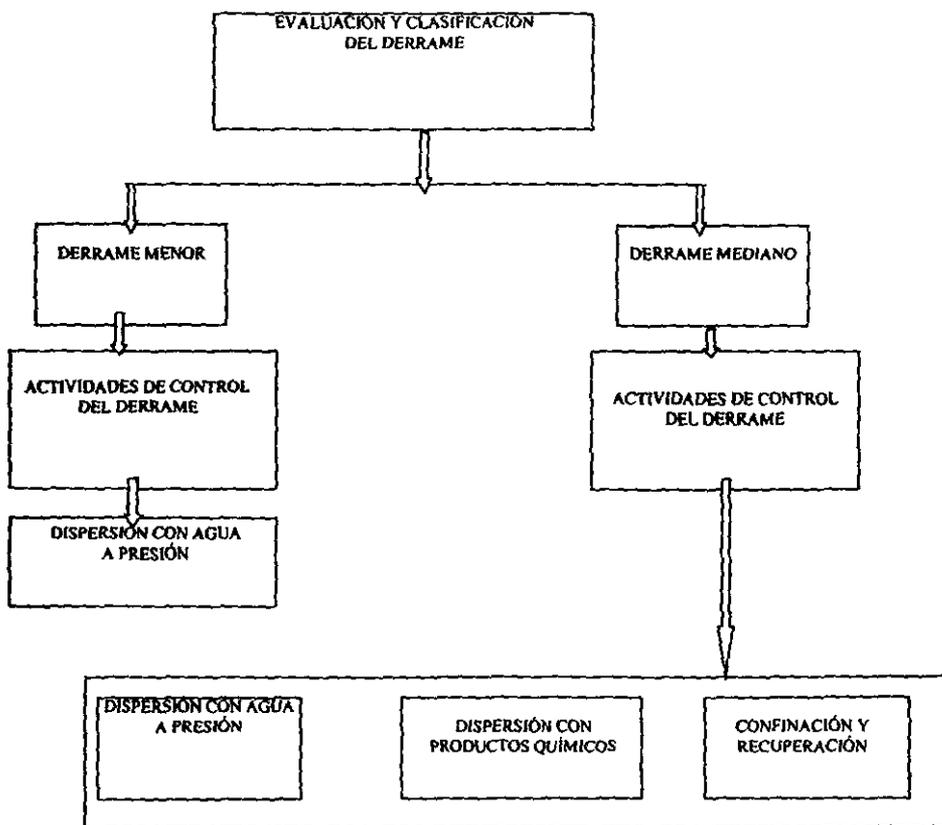
## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

### ESQUEMA II.2.- AVISO DE EMERGENCIA





ESQUEMA II.3.- PLAN DE ACCIÓN INMEDIATA PARA CONTROL DE DERRAMES MENORES Y MEDIANOS





ESQUEMA II.4.- PLAN DE ACCIÓN  
INMEDIATO PARA CONTROL  
DE DERRAMES MAYORES

