

## Introducción

En México, la explotación de yacimientos de hidrocarburos costa fuera, inició en 1958 con la instalación de plataformas fijas de acero frente a la Barra de Santa Ana, Tabasco. En 1975 se llevó a cabo la perforación del primer pozo exploratorio denominado Chac-1, a 80 kilómetros al norte de la Isla del Carmen, Campeche. La perforación exploratoria así como los estudios geofísicos y la perforación de los pozos Akal y Nohoch, permitió confirmar la existencia del yacimiento Cantarell.

En 1977, con la perforación de los pozos Akal-1 y Bacab-1 se descubrieron 2 campos más. En 1979 se encontraba ya en explotación la Sonda de Campeche, con el pozo Cantarell-1A por medio del complejo de producción Akal-C integrado por una plataforma de perforación, una de enlace y una de producción, a las que posteriormente se le adicionaron una plataforma de compresión de gas, dos de producción, tres trípodes soporte de quemadores verticales, trípodes de apoyo entre puentes y una plataforma habitacional. En ese entonces, la producción promedio por pozo era de 31,000 barriles diarios, siendo esta la mayor producción del mundo en campos marinos.

En 1980, en la Sonda de Campeche se había descubierto un total de 12 campos productores: Akal, Nohoch, Abkatum, Maloob, Ku, Ixtoc, Kutz, Bacab, Pool, Kanuac, Chac y Ek.

Actualmente, de los 3,184.9 MBD y 4,582.0 MMPCD de la producción nacional, el 81.83% de crudo y el 34.72% de gas, se obtienen de la Sonda de Campeche. La infraestructura de transporte está integrada en la Región Marina Noreste de PEMEX Exploración y Producción, por 1,974.49 kilómetros de ductos

submarinos, de los cuales el 43.66% son gasoductos, el 40.55% oleoductos y el 10.64% oleogasoductos, el 5.15% restante corresponde a un nitrogenoducto. Por su parte, la Región Marina Suroeste cuenta con 779.827 kilómetros de ductos submarinos, siendo el 28.13% gasoductos, el 42.43% oleoductos y el 29.44% oleogasoductos. Haciendo un total global de 2,754.317 kilómetros de ductos submarinos, todos ellos ubicados en la Sonda de Campeche, en el Golfo de México.

Por su situación geográfica, la parte sur del Golfo de México, es afectada por la zona ciclógena I que se localiza en el Atlántico Norte, ya que es aquí donde se generan los huracanes que viajan por el Mar Caribe alcanzando la Península de Yucatán y la vertiente del Golfo de México.

Anualmente los ductos submarinos de PEMEX Exploración y Producción que se localizan en el Golfo de México, se ven afectados por los efectos de los huracanes: marea de tormenta, oleaje, viento y lluvia.

El último de los huracanes que causó daños en las instalaciones petroleras costa fuera, fue el Roxanne en octubre de 1995, el cual se formó y se transformó en una tormenta de categoría 3 (vientos de 178 a 209 Km/hr y marea de 2.5 a 3.6m) en la porción occidental del Mar Caribe. Luego cruzó la Península de Yucatán e ingresó a la Sonda de Campeche. Roxanne se mantuvo semiestacionado en esa zona durante varios días, causando algunos daños en los accesorios de las plataformas y desplazamientos en algunos ductos submarinos, provocando una suspensión temporal de la producción y transporte de petróleo.

Los daños causados por el paso de este evento extraordinario, fueron:

- Colapso de 3 interconexiones de ductos submarinos de 8" de diámetro que forman parte del anillo de bombeo neumático.
- Colapso del ducto submarino de 24" de diámetro, conocido con la clave 117 con inicio/terminación en Nohoch-B/Nohoch-A Excompresión, el cual sufrió un desplazamiento lateral de 230 metros.
- El ducto submarino de 24" de diámetro, con clave 107 con inicio/terminación en Akal-N/Akal-J, el cual sufrió una deformación vertical de 17 metros en una longitud de 300 metros.
- Tres ductos submarinos que se encimaron, estos tienen las calves 016, 137 y 006.

Para restablecer la producción, PEMEX Exploración y Producción llevó a cabo una serie de reparaciones emergentes en los ductos que colapsaron y de manera paralela llevó a cabo la evaluación estructural de los ductos que presentaban deformaciones y que continuaron en operación, para poder determinar si las deformaciones se encontraban dentro de los límites permisibles en el diseño, procediendo a seleccionar una alternativa de reparación para los ductos que no cumplieron con los requisitos de la evaluación.

Dada la importancia de los ductos submarinos para la producción nacional de hidrocarburos y el riesgo a la afectación de huracanes, esta tesis presenta la metodología de evaluación de ductos submarinos así como algunos de los parámetros para la selección de la alternativa de reparación.

# **Justificación**

## **Objetivo General**

Presentar un criterio para evaluar ductos submarinos afectados por desplazamiento lateral, que cumpla con los lineamientos normativos y procedimientos de trabajo, de seguridad y protección al medio ambiente, incluyendo la selección de una alternativa para la reparación.

## **Objetivos Específicos**

1. Dar a conocer las condiciones meteorológicas y oceanográficas de la Sonda de Campeche, Golfo de México.
2. Describir el grado de afectación que un evento meteorológico extraordinario pueda provocar en un ducto submarino.
3. Dar a conocer el procedimiento de evaluación estructural de un ducto submarino.
4. Describir una alternativa para reparar un ducto submarino basándose en los resultados obtenidos en la evaluación estructural.
5. Mostrar el criterio de selección para la alternativa considerada como la mejor.

## **Alcance del Proyecto**

Evaluar un ducto submarino y seleccionar la mejor alternativa para repararlo de acuerdo con el grado de afectación provocado por el desplazamiento lateral, considerando las condiciones de operación del ducto.

## **Material y Equipo a Utilizar**

1. Computadora personal
2. Software: AutoCAD, PowerPoint, Excel, Word, Software AGA Nivel 2.
3. Normas técnicas, de seguridad y protección al medio ambiente
4. Estudios especiales realizados por PEMEX Exploración y Producción

## **Métodos y Técnicas**

1. A partir del análisis de los daños que origina un huracán en un ducto submarino, se elaborará el procedimiento de evaluación estructural.
2. Sobre la base del marco normativo aplicable a los ductos submarinos se analizarán los tipos de reparaciones que puedan llevarse a cabo para corregir los daños.
3. En apego a la experiencia en rehabilitación y mantenimiento de ductos submarinos, se seleccionará la mejor alternativa de reparación.

## **Plan de Investigación**

1. Análisis de las normas aplicable a los ductos.
2. Determinar los parámetros para la evaluación estructural de los ductos submarinos.
3. Analizar el criterio que se aplica para seleccionar el ducto a evaluar.
4. Analizar el criterio empleado para la evaluación estructural de un ducto.
5. Analizar las conclusiones obtenidas en la evaluación.
6. Análisis de las propuestas para reparación de ductos submarinos.
7. Determinar un criterio para la selección de la mejor alternativa de reparación.