



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE
LA TIERRA**

**EL PROBLEMA AMBIENTAL QUE GENERA LA
PERORACIÓN EN PANTANOS DE TABASCO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO PETROLERO**

PRESENTAN:

CYNTIA PILAR HERNÁNDEZ REYES

Y

LUIS ALBERTO DELGADO CASTREJÓN

**DIRECTOR DE LA TESIS
ING. RAMÓN DOMÍNGUEZ BETANCOURT**



MÉXICO, D.F. CIUDAD UNIVERSITARIA 2012



...atravesando el espacio descubierto que rodeaba a la vivienda penetré en la selva; pero ¿cómo describir el espectáculo que allí me aguardaba? Desde los primeros pasos, me creí en un mundo encantado: había profusión de palmeras, de vegetales extraños y monstruosos; lianas que se torcían en un desorden inexpresable, ramajes seculares cargados de plantas bulbosas, como jardines aéreos; un esplendor, en una palabra una riqueza, una diversidad capaz de confundir a la imaginación más exagerada. (Cabrera, 1987).

AGRADECIMIENTOS

Son muchas las personas especiales que han dejado huella en mi vida, algunas están aquí conmigo y otras en mi recuerdo y corazón; sin importar donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mi, por todo lo que son en mi vida y porque sin ustedes nada sería lo mismo.

A mis padres Alicia E. Castrejón Castillo e Inocencio Delgado Montalvo por su siempre incondicional apoyo, por esas palabras sabias en los momentos precisos, por darme fortaleza siempre para salir adelante; todo su esfuerzo, toda su confianza y toda la fe que depositaron en mí. Siempre enseñándome como levantarme de las adversidades. No hay palabras para agradecerles; este logro también es suyo.

A mi abue María Luisa Castillo Santana siempre preocupándote por mí, siempre dándome buenos consejos, todas tus enseñanzas y experiencias; siempre siendo como una segunda madre para mí te quiero mucho.

A mi novia Saray que has sido un soporte muy importante en mi vida siempre dispuesta a apoyarme en nuestros buenos y malos momentos, gracias por tu comprensión y paciencia.

Para mi hermana Mónica que finalmente siempre terminamos por apoyarnos, molestarnos y simplemente ser hermanos, nuestro vínculo de sangre que jamás nos separará.

A mi tía Aurora un reconocimiento especial y plena gratitud por tu ayuda, un gran bastión en verdad, siempre dispuesta a ayudarme y pedir por mí.

A mis primos y sobrinos, Alan, Dulce, Raúl, Diego, y Romi chavos hay les dejo el listón espero que por su bien y el de mi México lo eleven mas, saben que siempre los apoyaré; denle a nuestro país más de lo que necesita.

A mi familia Fausto, Esperanza, Manuel y Miguel por sus consejos que han sido bastante útiles a veces contra mis ideas, pero siempre con la intención de ver por mi bien. Esas ideas, esas historias, muchas veces juego otras tantas llamadas de atención pero que me han ayudado a ser lo que soy.

Un agradecimiento a mi amiga y pareja de tesis, Cyntia “pelusa”, la cual ha sido una gran compañera en esta empresa, sabes el aprecio y el cariño que te tengo, eres una gran persona y una estupenda amiga.

Una especial mención para Gerardo, más que un amigo, un hermano con el cual compartimos tantas cosas durante este maravilloso ciclo.

A todos mis amigos espero no omitir a alguno Ángeles, Tobías, Paola, Joaquín, Daniel, Fabián, Pedro “Peter”, Álvaro, José Alfredo, Alfredo “chapo”, Viri, Hugo, Oscar, Jessie; saben que todos ustedes han dejado una marca en mi vida.

También quiero reconocer a mis amigos de la facultad Marco Aguilar “popotes”, Luis Alberto “café”, Hugo “Papá pitufo”, Juan Marcos “Tingas”, Claudia, Alejandro “modelo”, José Luis Bazán, René, Nancy, Aramís, Agustín, Yalil, André “rockstar”, Marco Godínez, Magda, Cesar, Josue Roa, Mau Pérez Vera, Mellín, Diana Chozo, Mariana, Joss, Edgar “Baloo”, Edgar “roca”, chucho “stich”, Jhetro, Severo, Gaby, Víctor “Gato”, Ernesto “haash”, Briss, Iván, Rubí, muy buenos momentos, muchas aventuras vividas con cada uno de ustedes, cada quien sabrá y recordará la suya, gracias por su amistad.

Así mismo una mención para mis “compas” Diego “Mogly”, a Adrián, a Adriana Adán, a Sergio “Chalan”, a memo, a Yively, a Gabriel, a Patsy, a Carmen, a Luis “cosito”, a Marce, a Pepe, a Claudi, a Tito por todo lo compartido, siempre tendrán un amigo en mi.

Jason, Terry y Zarco porque también fueron, son y serán parte de mi familia, los únicos capaces de entenderme sin palabras.

Quiero evocar la gratitud y reconocer a los ingenieros Ing. Víctor Hugo Piña, Ing. Isabel Villegas, Ing. Alejandro Cortes, Ing. Javier Arellano, Ing. Erick Norman Guevara y al Ing. José Ángel Gómez Cabrera, me llevo muy buenos recuerdos y grandes conocimientos de sus clases y espero poder seguir tratándolos en mi vida profesional, excelentes personas y maravillosos catedráticos.

A mis sinodales Dr. Rafael Rodríguez Nieto, Ing. Agustín Velasco Esquivel, Ing. Rafael Viñas Rodríguez, Química Rosa de Jesús Hernández, y particularmente al Ing. Ramón Domínguez Betancourt, por haber sido un gran mentor; muchas gracias porque sin ustedes no hubiera logrado llevar a buen puerto este proyecto, simplemente gracias.

A mi Alma Mater la Universidad Nacional Autónoma de México, así como a la gloriosa Facultad de Ingeniería por haberme forjado, por haberme ayudado a realizar como ingeniero, es hora de regresarte a ti y a México un poco de lo mucho que me han dado, gracias a todos los que le dan vida y grandeza a esta institución, llevaré con orgullo tus colores grabados en mi para siempre. ¡¡México, Pumas, Universidad...!!

Luis Alberto Delgado Castrejón.

Por mi raza hablará el espíritu.

Este trabajo es la cima de un gran esfuerzo a lo largo de mi vida y se lo dedico a todos aquellos que me apoyaron y me guiaron por el sendero del estudio, la responsabilidad y los valores de los cuales hoy me siento orgullosa.

A Dios

Por cuidarme y permitirme llegar
hasta este momento.

A la UNAM y a la F.I.

Por darme el orgullo tan especial de ser parte de la máxima casa de estudios,
no solo fue mi escuela; fue mi segunda casa. Por su grandeza e historia, así como
a cada uno de los que la conforman.

Mi gratitud eterna y compromiso como profesionista.

A Laura Reyes López y Gerardo Hernández López

Papas trataré de resumir todo en estas líneas:

Gracias por permitirme ser parte de este mundo, por darme su amor, valores, consejos, confianza,
comprensión, paciencia, por sus sacrificios, esfuerzos y todo el tiempo invertido en mi para
educarme y formarme así como por la libertad para elegir mi futuro contando siempre con su
apoyo incondicional. A ustedes que fueron testigos y acompañantes de mí andar hasta concluir
con éxito esta meta, hoy les digo orgullosamente que cumplieron con el reto más importante y
significativo de unos padres: brindar educación a sus hijos, siendo para mí la mejor herencia.

LO LOGRAMOS.... ¡¡LOS AMO!!

A mi hermana Gaby

Por creer en mí, por tu apoyo, consejos, paciencia, por echarme
la mano en computación, por todos los momentos buenos y malos
que compartimos y por darme la dicha de ser tía.

¡¡TE QUIERO MUCHO GORDITA!!

A mis dos amiguitos: Angel y Gabriel, ustedes son la esperanza
del mañana, ojalá esto les sirva de motivación ¡¡LOS ADORO!!

A mi familia

Por sus sabios consejos que me orientaron
por el camino recto de la vida y por el apoyo
que me brindaron....

Abuelos, tíos, primos y sobrinos;

Todo mi AGRADECIMIENTO Y RESPETO.

A nuestro asesor y guía en la realización de este trabajo

Ing. Ramón Edgar Domínguez Betancourt
de quien recibí sus amplios conocimientos,
le agradezco su tiempo, apoyo y consejos.

A nuestros sinodales

Dr. Rafael Rodríguez Nieto, Ing. José Agustín Velasco Esquivel,
Ing. Rafael Viñas Rodríguez y Quim. Rosa de J. Hernández Alvares
por su tiempo y aportaciones para el mejoramiento de este trabajo.

A mis amigos y compañeros de la Facultad

De la “A” a la “Z”

Por su amistad, afecto y hacer de cada momento una aventura,
porque simplemente con encontrarnos en los pasillos me hacían
sentir como en casa, me quedo con muchas enseñanzas de cada uno.

A ti Pelusa mi Gran Amigo

Porque nuestros esfuerzos, sacrificios y experiencias compartidas nos
han permitido alcanzar un peldaño más en nuestra vida profesional.
Gracias por ser mi compañero a lo largo de esta etapa, por tu paciencia,
consejos, críticas constructivas, apoyo y por estar ahí... TQM.

De igual manera agradezco **a todas aquellas personas** que con su apoyo,
estimulo y frases de aliento estuvieron conmigo a lo largo de mi carrera
y en la construcción de este trabajo.

A todos ellos mi infinita gratitud.

“God grant me the serenity to accept the things I cannot change; courage to change the things
I can; and wisdom to know the difference. Living one day at a time; Enjoying one moment at
a time; Accepting hardships as the pathway to peace” (Reinhold Niebuhr)

Cyntia

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	v
ÍNDICE.....	xi
I INTRODUCCIÓN.....	1
II LEGISLACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL DE PANTANOS Y HUMEDALES	3
2.1 Introducción	3
2.2 Antecedentes	3
2.3 Aplicación general de la ley ambiental en México.....	6
2.4 Legislación internacional sobre contaminación en pantanos y humedales.....	7
2.4.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente	9
2.4.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos	14
2.4.3 Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos	18
2.4.4 Norma Oficial Mexicana NOM-143-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos ..	23
2.4.5 NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003 Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar	26
2.4.6 NORMA Oficial Mexicana NOM-117-SEMARNAT-2006, Que establece las especificaciones de protección ambiental durante la instalación, mantenimiento mayor y abandono, de sistemas de conducción de hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso por ducto, que se realicen en derechos de vía existentes, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.....	30
2.4.7 Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.....	32
2.4.8 Norma Oficial Mexicana NOM-115-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y mantenimiento de pozos petroleros terrestres para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas o terrenos forestales.....	34
III EL PROCESO DE PERFORACIÓN	38
3.1 Introducción	38
3.2 Etapas del proceso	38
3.2.1 Anteproyecto o cartera	39
3.2.2 Elaboración del proyecto y diseño del pozo	39

3.2.3 Movimiento del equipo.....	40
3.2.4 Ejecución del Proyecto	41
3.2.5. Entrega del Pozo.....	45
3.2.6. Finiquito del Acuerdo Mutuo	45
3.3 Tipos de Equipos de Perforación que se utilizan en las zonas de humedales	45
3.4 Perforación Direccional	47
3.4.1 Razones para perforar un Pozo Direccional	48
3.5 Geometría de Pozos Direccionales.....	53
3.6 Los Límites de Perforación Direccional	54
3.7 Métodos para desviar los pozos.....	55
3.7.1 Ensamble de fondo.....	55
3.7.2 Deflexión por Tobera.....	56
3.7.3 Whipstock (cuchara).....	57
3.7.4 Motor de Fondo	57
3.8 Problemática General en la Perforación	57
3.8.1 Efecto de Choque	58
3.8.2 Efecto de Cambio en la Presión Interna.....	58
3.8.3 Efecto de Cambio en la Presión Externa	58
3.8.4 Efectos Térmicos	59
3.8.5 Efecto de Flexión	59
3.8.6 Estabilidad de la Tubería	59
3.8.7 Pandeo de las Tuberías	59
3.9 Fluidos de Perforación.....	60
3.9.1 Tipos de fluido de perforación	60
3.10 Recortes de Perforación.....	62
IV LOS PANTANOS DE TABASCO Y SUS CORRIENTES FLUVIALES.....	63
4.1 Introducción	63
4.2 Pantanos de Tabasco.....	64
4.3 Caracterización de los Pantanos de Tabasco	65
4.3.1 Ubicación Geográfica	65
4.3.2 Clima.....	65
4.3.3 Geomorfología	66

4.3.4 Geología	67
4.3.5 Suelos	68
4.3.6 Orografía y Subsuelo	69
4.3.7- Hidrografía	70
4.4 Corrientes Fluviales en los Humedales de Tabasco	71
4.5 Objetivos de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla.....	72
4.6 División de la Reserva.....	72
V BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE LOS PANTANOS DE TABASCO	75
5.1 Introducción	75
5.2 Tipos de ecosistemas	75
5.3 Lista de especies más comunes e importantes que pueblan las selvas y humedales en Tabasco	80
5.4 Nicho Trófico	87
VI EFECTO DE LA CONTAMINACIÓN ASOCIADA A LA PERFORACIÓN DE POZOS	88
6.1 Introducción	88
6.2 Causas de los derrames.....	89
6.3 Factores del medio ambiente	89
6.4 Características del petróleo	90
6.4.1Tensión superficial	91
6.4.2Peso específico.....	91
6.4.3 Grados API.....	91
6.4.4. Viscosidad.....	91
6.4.5 Punto de derrame	91
6.4.6 Punto de inflamación	91
6.4.7 Punto de obscurecimiento	91
6.5 Procesos más importantes en la degradación del crudo	92
6.5.1 Extendimiento	92
6.5.2 Evaporación.....	92
6.5.3 Disolución	92
6.5.4 Emulsificación.....	93
6.5.5 Oxidación.....	93
6.5.6 Hundimiento	93

6.5.7 Resurgimiento del petróleo a la superficie	93
6.6 Comportamiento de los hidrocarburos en un derrame	94
6.7 Características de los suelos Pantanosos	95
6.7.1 Salinidad	95
6.7.2 Oxigenación	95
6.7.3 Acidez	96
6.7.4 Materia orgánica	96
6.8 Contaminación de Pantanos por Hidrocarburos	97
6.9 Afectación ecológica durante la exploración.	98
6.10 Afectaciones por fluidos y recortes de perforación.	98
VII CONTROL DE DERRAMES EN PANTANOS MANEJO DE FLUIDOS Y DE RECORTES DE PERFORACIÓN	100
7.1 Métodos de prevención	100
7.2 Técnicas de control	101
7.2.1 Equipos de Contención.....	102
7.2.2 Equipos de recuperación.....	103
7.3 Procesos de limpieza	105
7.3.1 Tratamientos con agentes químicos	106
7.3.2 Combustión	108
7.3.3 Limpieza de petróleos ligeros.....	108
7.4 Disposición del petróleo recuperado	109
7.5 Restauración del lugar donde hubo un derrame de crudo	109
7.6 Características del Personal de respuesta ante un derrame petrolero	110
7.7 Vigilancia de los derrames	110
7.8 Planes de contingencia en México para la intervención en derrames petroleros.....	111
7.8.1 Objetivos del Plan Nacional de Contingencia.....	111
7.9 Impacto Ambiental.....	113
7.10 Manejo de recortes y fluidos de perforación.....	114
7.11 Minimización de desechos	117
CONCLUSIONES	118
BIBLIOGRAFÍA.....	120

INTRODUCCIÓN

En virtud del gran impacto negativo que han tenido algunos ecosistemas a causa de la industria petrolera; se optó por realizar este trabajo, con la idea de poder crear conciencia que la industria petrolera no forzosamente se encuentra peleada con la ecología, y que es posible una extracción responsable.

Es bien sabido que todas las actividades petroleras conllevan un riesgo de contaminación y daño al ambiente; este riesgo puede ser aún mayor si no se controlan de una manera adecuada dichas actividades. La perforación tiene como propósito la exploración, delimitación y el desarrollo de campos; mientras que en la producción tenemos como objeto la extracción, conducción del crudo, así como el mantenimiento de los ductos, entre algunos otros. Cada una de estas actividades posee su propio riesgo y es importante intentar disminuir éste al mínimo.

De la misma manera es importante mencionar características propias de estas actividades, tales como la construcción de caminos, peras, tendido de ductos, desechos tóxicos y por supuesto pozos; y los impactos al ambiente que pueden provocar, entre los más importantes podemos mencionar la degradación de vegetación, la alteración del drenaje natural, el deterioro del paisaje, derrames y en general la contaminación que puede llegar a convertirse en un ecocidio.

En esta investigación nos enfocamos principalmente en la zona de humedales del estado de Tabasco, y como una particularidad ampliamente representativa escogimos la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla, el cual es el mayor humedal de la región, el más extenso de Norteamérica y uno de los más importantes a nivel mundial.

La definición de humedal, según el Convenio de Ramsar el cual más adelante se explicará es: “una zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan.” A esta definición podemos añadir que al cubrirse regularmente de agua, el suelo se satura, quedando desprovisto de oxígeno y dando lugar a un ecosistema híbrido entre los puramente acuáticos y los terrestres.

Los humedales son ecosistemas sumamente complejos, con múltiples funciones ecológicas y un alto valor económico; a su vez son ecosistemas tan delicados que están sujetos a ciertos impactos negativos, que pueden ser causados por la

mínima variación de su entorno. Uno de los mayores impactos del humedal en estudio lo genera la industria petrolera.

La importancia de dejar en claro la problemática que representa la actividad petrolera en la zona, radica en que ésta debe ser un área de preservación y protección de los recursos naturales, en donde las actividades humanas deberían ser escasas y ampliamente controladas, de modo que no se afecte el equilibrio natural.

No siempre la sociedad ha tenido conciencia acerca de los problemas generados por la contaminación y los daños al medio ambiente; es por eso que se han creado acuerdos, leyes y en general una normatividad para la prevención del deterioro de los recursos naturales.

A pesar de la promulgación de leyes de este tipo, el deterioro del medio ambiente se ha seguido dando, presentándose derrames, por ende muerte de la fauna y flora, así como deforestación y cambios en el ecosistema, lo que puede dar como lugar a extinción de especies y pérdidas ecológicas.

Es por ello que la protección ambiental debe constituir un factor de predominante atención dentro de las operaciones petroleras; la parte técnica debe ser sumamente importante para evitar algún daño al ambiente, de tal manera que podamos extraer lo de abajo sin dañar lo de arriba, o en su defecto modificarlo en lo mínimo posible.

Del mismo modo evitar cualquier tipo de fugas y/o derrames, ya que la contaminación no sólo perjudica al medio ambiente sino también al hombre.

Es así que a lo largo de los capítulos que conforman este trabajo podemos observar la problemática en cuanto a contaminación por actividades petroleras y darle un enfoque desde lo técnico hasta lo ecológico, sin olvidar mencionar algunos aspectos legales e intentar proponer una solución a este problema.

LEGISLACIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL DE PANTANOS Y HUMEDALES

2.1 Introducción

No siempre el ser humano ha tenido conocimiento y sobre todo conciencia respecto a su relación existente con el medio ambiente que lo rodea.

Por lo tanto; el debido cumplimiento de la legislación ambiental es uno de los reclamos más importantes de la sociedad, en su afán por mejorar las condiciones del medio ambiente, así como su propia calidad de vida.

En los años sesentas y principios de los setentas se empezó a tener un concepto más claro sobre educación ambiental; ahora el mundo comienza a vislumbrar la problemática ambiental del planeta, tomando el hombre su responsabilidad en el caso, dando lugar a foros, leyes, normas, reglamentos, etc.

Los humedales constituyen un recurso de gran valor económico, cultural, científico y recreativo, cuya pérdida sería irreparable.

Es bajo estas premisas que se acota la normatividad que combate la práctica predatoria de estos ecosistemas, de modo que sea posible seguir explotando el subsuelo de los pantanos y/o humedales, sin dañar o intentando dañar en lo menor posible a los mismos, así como dar una solución a las partes que hayan sido explotadas incorrectamente y por ende hayan quedado devastadas.

2.2 Antecedentes

El Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es de suma importancia, ya que de él se reglamentan leyes y normas; hace referencia al derecho de propiedad; es decir, todo es originalmente de la Nación, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.

Las expropiaciones sólo podrán hacerse por causa de utilidad pública y mediante indemnización. La Nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la

riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana.

En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y destinos de tierras, aguas y bosques, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población, para preservar y restaurar el equilibrio ecológico; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.

Corresponde a la Nación el dominio directo de todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas; de todos los minerales o substancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, tales como los minerales de los que se extraigan metales y metaloides utilizados en la industria; los yacimientos de piedras preciosas, de sal de gema y las salinas formadas directamente por las aguas marinas; los productos derivados de la descomposición de las rocas cuando su explotación necesite trabajos subterráneos; los yacimientos minerales u orgánicos de materias susceptibles de ser utilizadas como fertilizantes, los combustibles minerales sólidos; el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos; y el espacio situado sobre el territorio nacional, en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional.

Son propiedad de la Nación las aguas de los mares territoriales en la extensión y términos que fije el Derecho internacional; las aguas marinas interiores; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquéllas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades federativas; o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisora de la República; la de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzadas por líneas divisoras de dos o más entidades o entre la República y un país vecino, o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos o más entidades federativas o a la República con un país vecino; las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija

la ley. Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos; el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional. Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, pero si se localizaren en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten los Estados.

En los casos a que se refieren las dos ideas anteriores, el dominio de la Nación es inalienable e imprescriptible y la explotación, el uso o aprovechamiento de los recursos de que se trata, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas, no podrá realizarse sino mediante concesiones, otorgadas por el Ejecutivo Federal, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes. Las normas legales relativas a obras o trabajos de explotación de los minerales y sustancias mencionadas anteriormente, regularán la ejecución y comprobación de los que se efectúen o deban efectuarse a partir de su vigencia, independientemente de la fecha de otorgamiento de las concesiones, y su inobservancia dará lugar a la cancelación de éstas. El gobierno Federal tiene la facultad de establecer reservas nacionales y suprimirlas. Las declaratorias correspondientes se harán por el Ejecutivo en los casos y condiciones que las leyes prevean. Tratándose del petróleo y de los carburos sólidos, líquidos o gaseosos o de minerales radiactivos, no se otorgarán concesiones ni contratos, ni subsistirán los que en su caso se hayan otorgado y la Nación llevará a cabo la explotación de esos productos, en los términos que señale la Ley Reglamentaria respectiva.

En el Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos plantea que los Estados adoptarán, para su régimen interior, la forma de gobiernos republicano, representativo, popular; teniendo como base de su división territorial y de su organización política y administrativa el Municipio Libre.

Los Municipios administrarán libremente su hacienda, la cual se formará de los rendimientos de los bienes que les pertenezcan, así como de las contribuciones y otros ingresos que las legislaturas establezcan a su favor.

Los Municipios, en los términos de las leyes Federales y Estatales relativas, estarán facultados para:

a) Formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbanos municipal.

b) Participar en la creación y administración de sus reservas territoriales.

c) Participar en la formulación de planes de desarrollo regional, los cuales deberán estar en concordancia con los planes generales de la materia. Cuando la

Federación o los Estados elaboren proyectos de desarrollo regional deberá asegurar la participación de los municipios.

d) Autorizar, controlar y vigilar la utilización del suelo, en el ámbito de su competencia, en sus jurisdicciones territoriales.

e) Intervenir en la regularización de la tenencia de la tierra urbana.

f) Otorgar licencias y permisos para construcciones.

g) Participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas y en la elaboración y aplicación de programas de ordenamiento en esta materia.

h) Intervenir en la formulación y aplicación de programas de transporte público de pasajeros cuando aquellos afecten su ámbito territorial.

i) Celebrar convenios para la administración y custodia de las zonas federales.

2.3 Aplicación general de la ley ambiental en México

Jerarquización de marco jurídico:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Convenciones Internacionales
- Leyes, Reglamentos
- Instructivos y Normas
 - Normas Oficiales Mexicanas (NOM's)
 - Normas Mexicanas (NMX)
 - Normas Internacionales (NI)
 - Normas de Referencia (NRF)
- Códigos, Estándares, Prácticas Recomendadas

Esquema 2.1 Jerarquización del marco jurídico.

En primer lugar se encuentra la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, éste documento fue redactado y promulgado el 5 de febrero de 1917; ha sufrido diversas modificaciones. Y es el máximo documento que rige al país, plasma la decisión de un pueblo de organizarse social, jurídico, histórico y políticamente como un Estado. En este documento tienen su principio las leyes y

reglamentos; éstas enmarcan obligaciones y por ser de carácter legislativo-legal su cumplimiento debe ser obligatorio mientras no sean derogadas.

Los reglamentos se definen como disposiciones legislativas para desarrollar y hacer explícitas resoluciones legales a las que se llegan. Estos documentos tienen la característica de integridad con las leyes, plantean la forma en que se deben cumplir los principios señalados por éstas.

Las Normas suelen ser de diversas características y debido a ello pueden ser desde recomendables hasta obligatorias dependiendo de la actividad en específico. Mediante estas se regulan y controlan diversas actividades desempeñadas por los diferentes sectores públicos, privados, comerciales por mencionar algunos.

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) son expedidas por dependencias competentes, de observancia nacional y de carácter obligatorio; en cuanto que las Normas Mexicanas (NMX) son de aplicación voluntaria, útiles para determinar la calidad en productos o servicios. Las Normas Internacionales (NI) son Normas que emite un organismo o dependencia internacional reconocido oficialmente por el país en términos del derecho internacional y las Normas de Referencia (NRF) son elaboradas por entidades de administración pública, cuando no se cubran los requerimientos o sus especificaciones resulten obsoletas y por último los Códigos, Estándares, Prácticas Recomendadas que se deben solicitar ésta o su equivalente cuando no se cuente con la normatividad mexicana o no se encuentre amparada por ninguna ley.

2.4 Legislación internacional sobre contaminación en pantanos y humedales

En 1972 se instituyó la Subsecretaría para el mejoramiento del ambiente en la Secretaría de Salubridad y Asistencia con el objetivo de enfrentar los problemas ambientales producidos por el desarrollo desde un enfoque eminentemente sanitario.

En la Convención de Estocolmo (1972) se planteó por primera vez los efectos que la acción humana puede tener en el entorno que lo rodea, se estableció el principio 19 que indica que es indispensable una educación y labores ambientales, dirigida tanto a las generaciones jóvenes como a los adultos, y que se preste la debida atención al sector de la población menos privilegiada para ampliar las bases de una opinión pública bien informada y una conducta de los individuos, de las empresas, inspirada en el sentido de su responsabilidad, en cuanto a la protección y mejoramiento del medio en todo su dimensión humana. Es también esencial que los medios de comunicación de masa difundan, información de carácter educativo sobre la necesidad de protegerlo y mejorarlo, a fin de que el hombre pueda desarrollarse en todos los aspectos.

Para dar seguimiento a los acuerdos establecidos en la Conferencia de Estocolmo se estableció El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) por acuerdo de la Asamblea General de las Naciones Unidas en diciembre de 1972.

El PNUMA es el principal órgano de las Naciones Unidas en la esfera del medio ambiente y es la principal autoridad ambiental mundial; tiene como tareas principales analizar y evaluar el estado del medio ambiente en el mundo, así como impulsar el marco jurídico internacional para implementar el desarrollo sustentable, controlar y fomentar los acuerdos internacionales y los principios ambientales, se especializa en áreas como la gestión de la información ambiental, evaluación del impacto ambiental, la detección de problemas, el fortalecimiento de instituciones, la capacitación en materia de medio ambiente, métodos de producción menos contaminantes y más seguros, entre otros.

En México, el PNUMA desarrolla 25 proyectos en ámbitos como educación ambiental, evaluación ambiental a nivel municipal, nacional y regional, vinculación entre autoridades locales para la gestión ambiental, protección de la diversidad biológica, apoyo técnico y financiero, diagnóstico de la situación de áreas naturales protegidas, asistencia técnica para el desarrollo del turismo sustentable, por mencionar algunos (<http://www.pnuma.org/>).

Varias de las actividades que implementa el PNUMA se relacionan con la preservación de la diversidad biológica marina, costera y dulceacuícola y son parte fundamental en la implementación del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y del Convenio sobre los Humedales (Ramsar).

En 1971 se creó La Convención sobre los Humedales (Ramsar) sus metas son Proteger a los humedales y a las aves acuáticas migratorias dependiente de estos humedales, es un tratado intergubernamental cuya base es la conservación y el uso racional de los humedales mediante acciones locales, regionales y nacionales y gracias a la cooperación internacional, como contribución al logro de un desarrollo sostenible en todo el mundo. En septiembre de 2006 el total de naciones pertenecientes a la Convención era de 153; dentro de ellas México y había más de 1600 humedales de todo el mundo, con una superficie mayor de 145 millones de hectáreas, incluidos en la Lista de Humedales de Importancia Internacional de Ramsar, La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla está contemplada en esa lista (<http://www.ramsar.org>).

En su tercera reunión celebrada en Canadá en 1987 la convención adoptó la definición de que el uso racional de los humedales consiste en un uso sostenible para beneficio de la humanidad de manera compatible con el mantenimiento de las propiedades naturales del ecosistema, al mismo tiempo se planteó que el uso de un humedal por los seres humanos será de modo que produzca el mayor beneficio continuo para las generaciones presentes, manteniendo al mismo tiempo su potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las generaciones futuras.

En 1982 se creó la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) y en ese mismo año se promulgó la Ley Federal de Protección al Ambiente y a partir de ahí la política ambiental mexicana empezó a adquirir un enfoque integral, garantizando el cumplimiento de las leyes.

En 1992, la SEDUE se transformó en la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y se creó el Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Con la creación de la PROFEPA, México arribó a la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo que tuvo lugar en Rio de Janeiro en 1992.

La PROFEPA se encarga de inspeccionar y vigilar el cumplimiento de la normatividad ambiental, de vida silvestre y de pesca; es un órgano desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

En diciembre de 1994, se creó la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), dicha institución nace de la necesidad de planear el manejo de recursos naturales y políticas ambientales en nuestro país desde un punto de vista integral, teniendo en cuenta los objetivos económicos, sociales y ambientales, pero tiempo después cambió de nombre a Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), el subsector de pesca pasó a pertenecer a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el objetivo del cambio fue para impulsar una política nacional de protección ambiental que dé respuesta a la creciente expectativa nacional para proteger los recursos naturales y que logre incidir en las causas de la contaminación y de la pérdida de ecosistemas y de biodiversidad. (<http://www.semarnat.gob.mx>)

2.4.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

En 1988 fue publicada la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEEGEPA), es reglamentaria de la Constitución Política los Estados Unidos Mexicanos referente a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como a la protección al ambiente, en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. Sus disposiciones son de orden público e interés social y tienen por objeto propiciar el desarrollo sustentable y establecer las bases para:

- Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar.

- Definir los principios de la política ambiental y los instrumentos para su aplicación.
- La preservación, la restauración y el mejoramiento del ambiente.
- La preservación y protección de la biodiversidad, así como el establecimiento y administración de las áreas naturales protegidas.
- El aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas.
- La prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo.
- Garantizar la participación corresponsable de las personas, en forma individual o colectiva, en la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

La Federación, por conducto de la Secretaría, podrá suscribir convenios o acuerdos de coordinación, con el objeto de que los gobiernos del Distrito Federal o de los Estados, con la participación, en su caso de los municipios, asuman las siguientes facultades, en el ámbito de su jurisdicción territorial:

- La administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas de competencia de la Federación, conforme a lo establecido en el programa de manejo respectivo y demás disposiciones del presente ordenamiento.
- El control de los residuos peligrosos considerados de baja peligrosidad conforme a las disposiciones del presente ordenamiento.
- La evaluación del impacto ambiental de las obras o actividades a que se refiere el artículo 28 de esta Ley y, en su caso, la expedición de las autorizaciones correspondientes, con excepción de las obras o actividades siguientes:
 - a) Obras hidráulicas, así como vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carboductos y poliductos.
 - b) Industria del petróleo, petroquímica, del cemento, siderurgia y eléctrica.
 - c) Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las Leyes Minera y Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear.

d) Instalaciones de tratamiento, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como residuos radioactivos.

e) Aprovechamientos forestales en selvas tropicales y especies de difícil regeneración.

f) Cambios de uso de suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.

g) Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros.

h) Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.

i) Obras en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación y actividades que por su naturaleza puedan causar desequilibrios ecológicos graves; así como actividades que pongan en riesgo al ecosistema.

- La protección y preservación del suelo, la flora y fauna silvestre, terrestre y los recursos forestales.
- El control de acciones para la protección, preservación y restauración del equilibrio ecológico

Y en su artículo 28 define la evaluación del impacto ambiental como el procedimiento a través del cual la Secretaría establece las condiciones a que se sujetará la realización de obras y actividades que puedan causar desequilibrio ecológico o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones aplicables para proteger el ambiente y preservar y restaurar los ecosistemas a fin de evitar o reducir al mínimo sus efectos negativos; y especifica que para llevar a cabo alguna de las siguientes obras o actividades, se requerirá previamente la autorización en materia de impacto ambiental de la Secretaría:

- Obras hidráulicas, vías generales de comunicación, oleoductos, gasoductos, carbo ductos y poliductos.
- Industria del petróleo, petroquímica, química, siderúrgica, papelera, azucarera, del cemento y eléctrica.
- Exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la Federación en los términos de las leyes mineras y Reglamentaria del artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear.
- Instalaciones de tratamientos, confinamiento o eliminación de residuos peligrosos, así como residuos radioactivos.

- Aprovechamientos forestales en selvas tropicales y especies de difícil regeneración.
- Cambio de uso del suelo de áreas forestales, así como en selvas y zonas áridas.
- Parques industriales donde se prevea la realización de actividades altamente riesgosas.
- Desarrollos inmobiliarios que afecten los ecosistemas costeros.
- Obras y actividades en humedales, manglares, lagunas, ríos, lagos y esteros conectados con el mar, así como en sus litorales o zonas federales.
- Obras y actividades en áreas naturales protegidas de competencia de la Federación.

Para obtener dicha autorización los interesados deberán presentar a la Secretaría una manifestación de impacto ambiental, la cual deberá contener, por lo menos, una descripción de los posibles efectos en el o los ecosistemas que pudieran ser afectados por la obra o actividad que se trate, considerando el conjunto de los elementos que conforman dichos ecosistemas, así como las medidas preventivas, de mitigación y las demás necesarias para evitar o reducir al mínimo los efectos negativos sobre el ambiente. Cuando se trate de actividades consideradas altamente riesgosas en los términos de la presente Ley, la manifestación deberá incluir el estudio de riesgo correspondiente.

En dicho estudio se debe incluir; escenarios y medidas preventivas resultantes del análisis de los riesgos ambientales relacionados con el proyecto, la descripción de las zonas de protección en torno a las instalaciones, en su caso y los señalamientos de las medidas de seguridad en materia ambiental (www.semarnat.gob.mx).

Una vez presentada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría iniciará el procedimiento de evaluación, para lo cual revisará que la solicitud se ajuste a las formalidades previstas en esta Ley, su Reglamento y las normas oficiales mexicanas aplicables, e integrará el expediente respectivo en un plazo no mayor de diez días.

Una vez evaluada la manifestación de impacto ambiental, la Secretaría emitirá, debidamente fundada y motivada, la resolución correspondiente en la que podrá:

- Autorizar la realización de la obra o actividad de que se trate, en los términos solicitados.

- Autorizar de manera condicionada la obra o actividad de que se trate, a la modificación del proyecto o al establecimiento de medidas adicionales de prevención y mitigación, a fin de que eviten, atenúen o compensen los impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la construcción, operación normal y en caso de un accidente. Cuando se trate de autorizaciones condicionadas, la Secretaría señalará los requerimientos que deban observarse en la realización de la obra o actividad prevista.
- Negar la autorización solicitada, cuando:

a) Se contravenga lo establecido en esta Ley, sus reglamentos, las normas oficiales mexicanas y demás disposiciones aplicables.

b) La obra o actividad de que se trate pueda propiciar que una o más especies sean declaradas como amenazadas o en peligro de extinción o cuando se afecte a una de dichas especies.

c) Exista falsedad en la información proporcionada por los promoventes, respecto de los impactos ambientales de la obra o actividad de que se trate.

Tanto los informes preventivos, las manifestaciones de impacto ambiental y los estudios de riesgo podrán presentarse por los interesados, instituciones de investigación, colegios o asociaciones profesionales y la responsabilidad de lo estipulado en el documento corresponderá a quien lo suscriba; así mismo las personas que presten servicios de impacto ambiental, serán responsables ante la Secretaría de los informes preventivos, manifestaciones de impacto ambiental y estudios de riesgo que elaboren incorporando las mejores técnicas y metodologías existentes, así como la información y medidas de prevención y mitigación más efectivas.

Mientras que en los artículos 48 y 49 se plantea que las reservas de la biosfera, se constituirán en diferentes zonas; zonas núcleo y zonas de amortiguamiento, en las primeras sólo podrá autorizarse la ejecución de actividades de preservación de los ecosistemas y sus elementos, de investigación científica y educación ambiental, mientras que se prohibirá la realización de aprovechamientos que alteren los ecosistemas y quedará expresamente prohibido verter o descargar contaminantes en el suelo, subsuelo y cualquier clase de cauce, vaso o acuífero, así como desarrollar cualquier actividad contaminante.

El artículo 64 establece que para llevar a cabo la exploración, explotación o aprovechamiento de recursos en áreas naturales protegidas, se tendrá que contar con el otorgamiento o expedición de permisos, licencias, concesiones o en general autorizaciones, el solicitante deberá en tales casos demostrar ante la autoridad competente, su capacidad técnica y económica para realizar la actividad de que se trate, sin causar deterioro al equilibrio ecológico.

En cuanto a medidas de seguridad en el artículo 170 dice que cuando exista un riesgo inminente de desequilibrio ecológico, o de daño o deterioro grave a los recursos naturales, casos de contaminación con repercusiones peligrosas para los ecosistemas, sus componentes o para la salud pública, la Secretaría impondrá una de las diferentes medidas de seguridad; la clausura temporal, parcial o total de las fuentes contaminantes, el aseguramiento precautorio de materiales y residuos peligrosos.

2.4.2 Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos

Es reglamentaria de las disposiciones de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos referente a la protección al ambiente en materia de prevención y gestión integral de residuos, en el territorio nacional.

Consiste en el “estudio que considera la cantidad y composición de los residuos y la infraestructura para manejarlos integralmente” y así Garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud, y bienestar.

Las medidas necesarias para evitar el deterioro o la destrucción que los elementos naturales puedan sufrir, en perjuicio de la colectividad, por la liberación al ambiente de residuos; así como la ejecución de obras destinadas a la prevención, conservación, protección del medio ambiente y remediación de sitios contaminados, cuando éstas sean imprescindibles para reducir riesgos a la salud son consideradas de utilidad pública.

Se considera Residuo al material o producto cuyo propietario o poseedor desecha y puede encontrarse en estado sólido, semisólido, líquido o gas contenido en recipientes o depósitos, y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final conforme a lo dispuesto en esta Ley y demás ordenamientos que de ella deriven; es decir, deben tener un plan de manejo.

Los residuos se clasifican en:

- Residuos de Manejo Especial: Son aquellos generados en los procesos productivos, que no reúnen las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos.
- Residuos Incompatibles: Aquellos que al entrar en contacto o al ser mezclados con agua u otros materiales o residuos, reaccionan produciendo calor, presión, fuego, partículas, gases o vapores dañinos;
- Residuos Peligrosos: Son aquellos que posean alguna de las características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que contengan agentes infecciosos que les confieran

peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio.

- Residuos Sólidos Urbanos: Son los que se generan en casas habitación, que resultan de la eliminación de los materiales que utilizan en sus actividades domésticas, de los productos que consumen y de sus envases, embalajes o empaques; los residuos que provienen de cualquier otra actividad dentro de establecimientos o en la vía pública que genere residuos con características domiciliarias, y los resultantes de la limpieza de las vías y lugares públicos.

La aplicación de esta Ley se exceptúa a los residuos radiactivos, los que estarán sujetos a los ordenamientos específicos que resulten aplicables.

Los residuos peligrosos constituyen un riesgo a la salud y al ambiente dependiendo de los siguientes factores: la forma en que se tengan que manejar, la cantidad, capacidad y persistencia de las sustancias tóxicas y la virulencia de los agentes infecciosos contenidos en ellos así como la facilidad de movilizarse hacia donde se encuentren seres vivos o cuerpos de agua de abastecimiento, la biodisponibilidad de las sustancias tóxicas contenidas en ellos y su capacidad de bioacumulación, la duración e intensidad de la exposición, y la vulnerabilidad de los seres humanos y demás organismos vivos que se expongan a ellos.

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales deberá formular el Programa Nacional para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, de conformidad con el Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de Residuos que es el estudio que considera la cantidad y composición de los residuos, así como la infraestructura para manejarlos integralmente.

Las personas que generen o manejen residuos peligrosos deberán notificarlo a la Secretaría o a las autoridades correspondientes de los gobiernos locales. Los generadores podrán contratar los servicios de manejo de estos residuos con empresas o gestores autorizados para tales efectos por la Secretaría, o bien transferirlos a industrias para su utilización como insumos dentro de sus procesos, cuando previamente haya sido hecho del conocimiento de esta dependencia, mediante un plan de manejo para dichos insumos, basado en la minimización de sus riesgos.

Cuando se trate de grandes generadores de residuos peligrosos, estarán obligados a registrarse ante la Secretaría y someter a su consideración el Plan de Manejo de Residuos Peligrosos, así como llevar una bitácora y presentar un informe anual acerca de la generación y modalidades de manejo a las que sujetaron sus residuos así como contar con un seguro ambiental.

La Secretaría es la encargada de autorizar:

- La prestación de servicios de manejo de residuos peligrosos;

- El transporte de residuos peligrosos; así como la incineración de estos;
- El establecimiento de confinamientos dentro de las instalaciones en donde se manejen residuos peligrosos;
- La transferencia de autorizaciones expedidas por la Secretaría;

Estas autorizaciones serán otorgadas por tiempo determinado y, en su caso, podrán ser prorrogadas.

Los propietarios de predios de dominio privado así como los titulares de áreas concesionadas, cuyos suelos se encuentren contaminados, serán responsables solidarios de llevar a cabo las acciones de remediación que resulten necesarias, sin perjuicio del derecho a repetir en contra del causante de la contaminación; tampoco se podrá transferirse la propiedad de sitios contaminados con residuos peligrosos, salvo autorización expresa de la Secretaría.

Las personas que transfieran a terceros los inmuebles que hubieran sido contaminados por materiales o residuos peligrosos, en virtud de las actividades que en ellos se realizaron, deberán informar de ello a quienes les transmitan la propiedad o posesión de dichos bienes. Además de la remediación, quienes resulten responsables de la contaminación de un sitio se harán acreedores a las sanciones penales y administrativas correspondientes.

No está permitido transportar residuos peligrosos vía aérea y para la importación de residuos peligrosos se deberá tener presente que sólo se permitirá con el fin de reutilizar o reciclar los residuos; en ningún caso se autorizará la importación de residuos que sean o estén constituidos por compuestos orgánicos persistentes, y la Secretaría podrá imponer limitaciones a la importación de residuos cuando desincentive o constituya un obstáculo para la reutilización o reciclaje de los residuos generados en territorio nacional.

En caso contrario se emitirán las autorizaciones para la exportación de residuos peligrosos cuando quienes las solicitan cuenten con el consentimiento previo del país importador y, en su caso, de los gobiernos de los países por los que transiten los residuos.

La Secretaría requerirá la presentación de una póliza de seguro o garantía, por parte del solicitante de la autorización de importación o exportación, que asegure que se contará con los recursos económicos suficientes para hacer frente a cualquier contingencia y al pago de daños y perjuicios que se pudieran causar durante el proceso de movilización de los residuos peligrosos, a fin de emitir la autorización correspondiente.

De acuerdo a lo expuesto en esta Ley se sancionará las personas que lleven a cabo cualquiera de las siguientes actividades:

- Acopiar, almacenar, transportar, tratar o disponer finalmente, residuos peligrosos, sin contar con la debida autorización para ello.
- Mezclar residuos peligrosos que sean incompatibles entre sí.
- Verter, abandonar o disponer finalmente los residuos peligrosos en sitios no autorizados para ello.
- Almacenar residuos peligrosos por más de seis meses sin contar con la prórroga correspondiente.
- Transferir autorizaciones para el manejo integral de residuos peligrosos, sin el consentimiento previo por escrito de la autoridad competente.
- Proporcionar a la autoridad competente información falsa con relación a la generación y manejo integral de residuos peligrosos.
- Transportar residuos peligrosos por vía aérea.
- Transportar por el territorio nacional hacia otro país, residuos peligrosos cuya elaboración, uso o consumo se encuentren prohibidos.
- No llevar a cabo por sí o a través de un prestador de servicios autorizado, la gestión integral de los residuos que hubiere generado.
- No registrarse como generador de residuos peligrosos cuando tenga la obligación de hacerlo en los términos de esta Ley.
- No dar cumplimiento a la normatividad relativa a la identificación, clasificación, envase y etiquetado de los residuos peligrosos.
- No proporcionar por parte de los generadores de residuos peligrosos a los prestadores de servicios, la información necesaria para su gestión integral.
- No presentar los informes que esta Ley establece respecto de la generación y gestión integral de los residuos peligrosos.
- No dar aviso a la autoridad competente en caso de emergencias, accidentes o pérdida de residuos peligrosos, tratándose de su generador o gestor.

- No retirar la totalidad de los residuos peligrosos de las instalaciones donde se hayan generado o llevado a cabo actividades de manejo integral de residuos peligrosos, una vez que éstas dejen de realizarse.
- No contar con el consentimiento previo del país importador del movimiento transfronterizo de los residuos peligrosos que se proponga efectuar.
- No retornar al país de origen, los residuos peligrosos generados en los procesos de producción transformación, elaboración o reparación en los que se haya utilizado materia prima introducida al país bajo el régimen de importación temporal.
- Incumplir con las medidas de protección ambiental, tratándose de transporte de residuos peligrosos.
- Incurrir en cualquier otra violación a los preceptos de esta Ley.

En caso de riesgo inminente para la salud o el medio ambiente derivado del manejo de residuos peligrosos, la Secretaría, de manera fundada y motivada, podrá ordenar alguna o algunas de las siguientes medidas de seguridad:

- La clausura temporal total o parcial de las fuentes contaminantes, así como de las instalaciones en que se generen;
- La suspensión de las actividades respectivas;
- El aseguramiento precautorio de materiales o residuos peligrosos, y demás bienes involucrados con la conducta que da lugar a la imposición de la medida de seguridad.

2.4.3 Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos

Esta Norma Oficial Mexicana establece el procedimiento para identificar si un residuo es peligroso, el cual incluye los listados de los residuos peligrosos y las características que hacen que se consideren como tales.

El residuo es peligroso si presenta al menos una de las siguientes características, bajo las condiciones señaladas de esta Norma Oficial Mexicana:

- 1) Corrosividad: Es corrosivo cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

a) Es un líquido acuoso y presenta un pH menor o igual a 2,0 o mayor o igual a 12,5 de conformidad con el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

b) Es un sólido que cuando se mezcla con agua destilada presenta un pH menor o igual a 2,0 o mayor o igual a 12,5 según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

c) Es un líquido no acuoso capaz de corroer el acero al carbón, tipo SAE 1020, a una velocidad de 6,35 milímetros o más por año a una temperatura de 328 K (55°C), según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

2) Reactividad: Es reactivo cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

a) Es un líquido o sólido que después de ponerse en contacto con el aire se inflama en un tiempo menor a cinco minutos sin que exista una fuente externa de ignición, según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

b) Cuando se pone en contacto con agua reacciona espontáneamente y genera gases inflamables en una cantidad mayor de 1 litro por kilogramo del residuo por hora, según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

c) Es un residuo que en contacto con el aire y sin una fuente de energía suplementaria genera calor, según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

d) Posee en su constitución cianuros o sulfuros liberables, que cuando se expone a condiciones ácidas genera gases en cantidades mayores a 250 mg de ácido cianhídrico por kg de residuo o 500 mg de ácido sulfhídrico por kg de residuo, según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

3) Explosividad: Es explosivo cuando es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva solo o en presencia de una fuente de energía o si es calentado bajo confinamiento. Esta característica no debe determinarse mediante análisis de laboratorio, por lo que la identificación de esta característica debe estar basada en el conocimiento del origen o composición del residuo.

4) Toxicidad Ambiental: Es tóxico ambiental cuando:

a) El extracto PECT, obtenido mediante el procedimiento establecido en la NOM-053- SEMARNAT-1993, contiene cualquiera de los constituyentes tóxicos listados en la Tabla 1 de esta Norma en una concentración mayor a los límites ahí señalados, la cual deberá obtenerse según los procedimientos que se establecen en las Normas Mexicanas correspondientes.

5) Inflamabilidad: Es inflamable cuando una muestra representativa presenta cualquiera de las siguientes propiedades:

a) Es un líquido o una mezcla de líquidos que contienen sólidos en solución o suspensión que tiene un punto de inflamación inferior a 60,5°C, medido en copa cerrada, de conformidad con el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente, quedando excluidas las soluciones acuosas que contengan un porcentaje de alcohol, en volumen, menor a 24%.

b) No es líquido y es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos a 25°C, según el procedimiento que se establece en la Norma Mexicana correspondiente.

c) Es un gas que, a 20°C y una presión de 101,3 kPa, arde cuando se encuentra en una mezcla del 13% o menos por volumen de aire, o tiene un rango de inflamabilidad con aire de cuando menos 12% sin importar el límite inferior de inflamabilidad.

d) Es un gas oxidante que puede causar o contribuir más que el aire, a la combustión de otro material.

6) Biológico-Infeciosa: Es biológico-infeccioso de conformidad con lo que se establece en la NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002, referida en el punto 4 de esta Norma.

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES PARA LOS CONSTITUYENTES TÓXICOS EN EL EXTRACTO PECT

No. CAS ¹	Contaminante	LMP ² (mg/L)
CONSTITUYENTES INORGÁNICOS (METALES)		
7440-38-2	Arsénico	5.0
7440-39-3	Bario	100.0
7440-43-9	Cadmio	1.0
7440-47-3	Cromo	5.0
7439-97-6	Mercurio	0.2
7440-22-4	Plata	5.0
7439-92-1	Plomo	5.0
7782-49-2	Selenio	1.0
CONSTITUYENTES ORGÁNICOS VOLÁTILES		
71-43-2	Benceno	0.5

108-90-7	Clorobenceno	100.0
67-66-3	Cloroformo	6.0
75-01-4	Cloruro de Vinilo	0.2
106-46-7	1,4-Diclorobenceno	7.5
107-06-2	1,2-Dicloroetano	0.5
75-35-4	1,1-Dicloroetileno	0.7
118-74-1	Hexaclorobenceno	0.13
87-68-3	Hexaclorobutadieno	0.5
78-93-3	Metil etil cetona	200.0
110-86-1	Piridina	5.0
127-18-4	Tetracloroetileno	0.7
56-23-5	Tetracloruro de carbono	0.5
79-01-6	Tricloroetileno	0.5

1 No. CAS: Número del Chemical Abstracts Service (Servicio de Resúmenes Químicos)

2 LMP: Límite Máximo Permissible.

Tabla 2.1 Límites máximos permisibles para los constituyentes tóxicos en el extracto PECT.

CÓDIGOS DE PELIGROSIDAD DE LOS RESIDUOS (CPR)

Características	Código de Peligrosidad de los Residuos (CPR)
Corrosividad	C
Reactividad	R
Explosividad	E
Toxicidad	T
Ambiental	Te
Aguda	Th
Crónica	Tt
Inflamabilidad	I
Biológico-Infecioso	B

Tabla 2.2 Códigos de peligrosidad de los residuos.

Clasificación de residuos peligrosos de petróleo gas y petroquímica

Residuo	CPR
Catalizadores gastados del proceso de "hidrocracking" catalítico de residuales en la refinación de petróleo.	(I,TT)
Lodos de la separación primaria de aceite/agua/sólidos de la refinación del petróleo-cualquier lodo generado por separación gravitacional de aceite/agua/sólidos durante el almacenamiento o tratamiento de aguas residuales de proceso y aguas residuales aceitosas de enfriamiento, de refinerías de petróleo. tales lodos	(TT)

incluyen, pero no se limitan, a aquellos generados en separadores de aceite/agua/sólidos; tanques y lagunas de captación; zanjas y otros dispositivos de transporte de agua pluvial, lodos generados de aguas de enfriamiento sin contacto, de un solo paso, segregadas para tratamiento de otros procesos o aguas de enfriamiento aceitosas y lodos generados en unidades de tratamientos biológicos.	
Lodos de separación secundaria (emulsificados) de aceite/agua/sólidos. Cualquier lodo y/o nata generado en la separación física y/o química de aceite/agua/sólidos de aguas residuales de proceso y aguas residuales aceitosas de enfriamiento de las refinerías de petróleo. Tales residuos incluyen, pero no se limitan a, todos los lodos y las natas generadas en: unidades de flotación de aire inducida, tanques y lagunas de captación y todos los lodos generados en unidades DAF (flotación con aire disuelto). lodos generados de aguas de enfriamiento sin contacto, de un solo paso, segregadas para tratamiento de otros procesos o aguas de enfriamiento aceitosas, lodos y natas generados en unidades de tratamientos biológicos.	(TT)
Lodos del separador API y cárcamos en la refinación de petróleo y almacenamiento de productos derivados.	(TT)
Lodos de tanques de almacenamiento de hidrocarburos.	(TT)
Lodos de la limpieza de los haces de tubos de los intercambiadores de calor.	(TT)
Natas del sistema de flotación con aire disuelto (FAD) en la refinación de petróleo y almacenamiento de productos derivados.	(TT)
Sólidos de emulsión de aceites de baja calidad en la industria de refinación de petróleo.	(TT)
Fondos de la etapa de destilación en la producción de acetaldehído vía oxidación de etileno.	(C,TT,I)
Cortes laterales de la etapa de destilación en la producción de acetaldehído vía oxidación de etileno.	(C,TT,I)
Residuos de procesos, incluyendo pero no limitado a residuos de destilación, fondos pesados, breas y residuos de la limpieza de reactores de la producción de hidrocarburos alifáticos clorados por procesos de catalización de radicales libres que tienen cadenas de hasta 5 (cinco) carbonos con diversas cantidades y posiciones de sustitución de cloro.	(TT)

Tabla 2.3 Clasificación de residuos peligrosos de petróleo, gas y petroquímica.

Clasificación por tipo de residuos, sujetos a condiciones particulares de manejo.

Lodos de los separadores API y cárcamos en la producción de petroquímicos.	(T,I)
Aceites solubles en ácido (ASAS) provenientes de los procesos de	(I)

alquilación de hidrocarburos.	
Aminas gastadas, filtros de amina contaminada, lodos de amina, solución acuosa de amina contaminada, productos de la degradación de la amina, así como sólidos recuperados (fondos) provenientes del proceso de endulzamiento del gas y condensados amargos. otros productos de la degradación de aminas del proceso de endulzamiento, cracking y fraccionamiento de azufre.	(T)
Clorados intermedios provenientes del fondo de la columna redestiladora de monómero de vinilo.	(C,T,I)
Clorados pesados provenientes de los fondos de la columna de purificación de dicloroetano.	(C,T,I)
Derivados hexaclorados provenientes de los fondos de la columna de recuperación de percloroetileno.	(T)
Polímero de la purga de la torre de apagado en la producción de Acrilónitrilo.	(T)
Residuos de la deshidrogenación del n-butano en la producción de butadieno.	(T)
Sedimento impregnado de hidrocarburos provenientes de las corridas de diablo.	(T)
Sosas gastadas y sosas fenólicas provenientes de los procesos de endulzamiento de hidrocarburos.	(C,T)

Tabla 2.4 Clasificación por tipo de residuos, sujetos a condiciones particulares de manejo.

2.4.4 Norma Oficial Mexicana NOM-143-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos

El agua congénita o de formación, es agua salada que se encuentra dentro de la roca, asociada a la presencia de hidrocarburos. Contiene sales disueltas, como cloruros de calcio y sodio, carbonatos de sodio, cloruros de potasio, sulfatos de calcio o de bario, entre otros; puede incluso contener algunos metales. La concentración de estos componentes puede ocasionar impactos negativos al medio ambiente cuando su manejo y disposición no son adecuados.

Los riesgos ambientales que se presentan en el manejo y disposición del agua congénita son: la eventual contaminación de acuíferos en el proceso de inyección a formaciones receptoras, la contaminación de cuerpos receptores si no se cuenta con parámetros de limpieza, y la contaminación del suelo cuando se producen derrames accidentales en su transporte.

La tendencia mundial coincide en que las opciones óptimas para la disposición del agua congénita asociada a la producción de hidrocarburos es su inyección en formaciones receptoras subterráneas, o su disposición en el mar.

En México, durante 2002, en la explotación de petróleo crudo y gas natural, se produjeron 12.09 millones de metros cúbicos de agua congénita, de los cuales se reinyectó 86.4% y se dispuso en cuerpos receptores, el 14.6% restante.

Lo anterior hace necesaria la elaboración y expedición de una Norma Oficial Mexicana que establezca las especificaciones técnicas ambientales para su adecuado manejo y disposición.

El establecer especificaciones en materia ambiental para el manejo e inyección en formaciones receptoras, del agua congénita que se asocia a hidrocarburos y los límites máximos permisibles de los parámetros para su descarga a cuerpos receptores.

Es por esto que se generan las siguientes especificaciones para el manejo del agua congénita:

Manejo del agua congénita

El agua congénita asociada a los hidrocarburos debe ser dispuesta en cuerpos receptores o en formaciones receptoras en el subsuelo.

En caso de presentarse derrames o infiltraciones al suelo durante el manejo del agua congénita debe atenderse a lo dispuesto en la normatividad vigente en materia de restauración de suelos y saneamiento de acuíferos.

Separación

Durante los procesos de separación de hidrocarburos y agua congénita se deben evitar derrames o infiltraciones al suelo.

Almacenamiento temporal

Las presas para almacenamiento temporal del agua congénita deben evitar filtraciones al suelo; para ello, deben construirse sobre una capa de arcilla, con un espesor, grado de compactación y humedad del material para obtener un coeficiente de permeabilidad 1×10^{-7} cm/seg, o bien sobre un material sintético equivalente en su permeabilidad.

Los contenedores para almacenamiento temporal de agua congénita deben contar con diques para la contención de derrames o fugas, con capacidad igual o superior al volumen del contenedor.

Transporte

El transporte de agua congénita que contenga 15% o más condensados se hará en contenedores cisterna.

El porcentaje de condensados en el agua congénita se determinará mediante medidores de fases y de volúmenes.

Para el transporte de agua congénita en contenedores cisterna se debe llevar una bitácora o registros que permitan dar seguimiento a los volúmenes transferidos entre instalaciones.

Caracterización

El límite máximo permisible de hidrocarburos para la descarga de agua congénita en cuerpos receptores de agua dulce es de 15 mg/l, y en aguas costeras y zonas marinas es de 40 mg/l.

El límite máximo permisible de sólidos disueltos totales (SDT) para la descarga de agua congénita en cuerpos receptores de agua dulce es de 500 mg/l.

El límite máximo permisible de sólidos disueltos totales (SDT) para la descarga de agua congénita en aguas costeras es de 32,000 mg/l, y su descarga debe ser a una distancia que sobrepase los 2 km mar adentro. Cuando las concentraciones de sólidos disueltos totales sobrepasen las del cuerpo al que se descarga, su descarga se tiene que efectuar través de difusores que permitan la dispersión y asimilación inmediata.

Características de los pozos para la inyección de agua congénita

Los pozos petroleros agotados que se utilicen para la inyección de agua congénita deben cumplir con lo especificado en los numerales 5.1.6.2 al 5.1.6.4 de esta Norma Oficial Mexicana.

No debe existir comunicación entre los acuíferos y los pozos; para ello, la tubería de revestimiento debe ir cementada desde la superficie del suelo hasta la formación receptora.

Se debe contar con equipos que permitan medir la hermeticidad de los pozos mediante el registro diario de la presión y el flujo de inyección. En caso de pérdida de hermeticidad se debe suspender de inmediato la inyección.

La formación receptora se debe localizar debajo de un estrato impermeable.

Especificaciones para la inyección

La inyección de agua congénita sólo podrá realizarse toda vez que en su manejo no se incorporen sustancias diferentes a los desincrustantes, inhibidores de corrosión y secuestrantes de oxígeno, desemulsificantes, biocidas y en general, las sustancias necesarias para proteger el pozo y realizar un manejo seguro de dicha agua congénita. Cuando se le añadan sustancias adicionales al agua congénita a inyectar, ésta debe tratarse para restaurarle sus características previas a la adición de dichas sustancias.

Abandono del sitio

Los pozos de inyección de agua congénita que ya no se vayan a utilizar para ese u otro fin, deben taponarse como lo establece la NOM-004-CNA-1996.

El abandono del sitio de los pozos de inyección de agua congénita, debe hacerse conforme a la NOM-115-SEMARNAT-2003 o la regulación aplicable para el lugar donde se encuentre el pozo.

Disposición de sólidos separados del agua congénita

Los lodos resultantes del tratamiento del agua congénita deben manejarse conforme a la normatividad aplicable.

2.4.5 NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003 Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar

La definición internacional de humedal costero se basa en la integridad del ecosistema, que incluye la unidad fisiográfica inundable y de transición entre aguas continentales, marinas y la comunidad vegetal que se ubica en ellas, así como las regiones marinas de no más de 6 m de profundidad en relación al nivel medio de la marea más baja.

Que para efecto de la norma se considerará humedal costero a la unidad hidrológica que contenga comunidades vegetales de manglar.

Esta norma tiene por objeto establecer las especificaciones que regulen el aprovechamiento sustentable en humedales costeros para prevenir su deterioro, fomentando su conservación y, en su caso, su restauración.

Las disposiciones de esa norma son de observancia obligatoria para los responsables de la realización de las obras o actividades que se pretendan ubicar en humedales costeros o que por sus características puedan influir negativamente en estos.

Las disposiciones de esta norma son las siguientes:

El manglar deberá preservarse como comunidad vegetal. En la evaluación de las solicitudes en materia de cambio de uso de suelo, autorización de aprovechamiento de la vida silvestre e impacto ambiental se deberá garantizar en todos casos la integralidad del mismo, para ello se consideran los siguientes puntos:

- La integridad del flujo hidrológico del humedal costero.
- La integridad del ecosistema y su zona de influencia en la plataforma continental.
- Su productividad natural.
- La capacidad de carga natural del ecosistema para turistas.

- Cambio de características ecológicas.
- La integridad de las interacciones funcionales entre los humedales costeros, los ríos, la duna, la zona marina adyacente, y los corales.
- Servicios ecológicos.
- Ecológicos y eco fisiológicos (estructurales del ecosistema como el agotamiento de los procesos primarios, estrés fisiológico, toxicidad, altos índices de migración y mortalidad, así como la reducción de las poblaciones principalmente de aquellas especies en status, entre otros).

Toda obra de canalización, interrupción de flujo o desvío de agua que ponga en riesgo la dinámica e integridad ecológica de los humedales costeros, quedará prohibida, excepto en los casos en los que las obras descritas sean diseñadas para restaurar la circulación y así promover la regeneración del humedal costero.

Construcción de canales que, en su caso deberán asegurar la reposición del mangle afectado y programas de monitoreo para asegurar el éxito de la restauración.

Los promoventes de un proyecto que requieran de la existencia de canales, deberán hacer una prospección con la intención de detectar los canales ya existentes que puedan ser aprovechados a fin de evitar la fragmentación del ecosistema, intrusión salina, azolvamiento y modificación del balance hidrológico.

El establecimiento de infraestructura marina fija (diques, rompeolas, muelles, marinas y bordos) o cualquier otra obra que gane terreno a la unidad hidrológica en zonas de manglar queda prohibida excepto cuando tenga por objeto el mantenimiento o restauración de ésta.

Cualquier bordo colindante con el manglar deberá evitar bloquear el flujo natural de agua hacia el humedal costero.

Se deberá evitar la degradación de los humedales costeros por contaminación y azolvamiento.

La persona física o moral que utilice o vierta agua proveniente de la cuenca que alimenta a los humedales costeros, deberá restituirla al cuerpo de agua y asegurarse de que el volumen, pH, salinidad, oxígeno disuelto, temperatura y la calidad del agua que llega al humedal costero garanticen la viabilidad del mismo.

Se deberá prevenir que el vertimiento de agua que contenga contaminantes orgánicos y químicos, sedimentos, carbón, metales pesados, solventes, grasas, aceites, combustibles o modifiquen la temperatura del cuerpo de agua; alteren el equilibrio ecológico, dañen el ecosistema o a sus componentes vivos. Las descargas provenientes de granjas acuícolas, industrias, centros urbanos, desarrollos turísticos, y otras actividades productivas que se viertan a los

humedales costeros deberán ser tratadas y cumplir cabalmente con las normas establecidas según el caso.

El permiso de vertimiento de aguas residuales a la unidad hidrológica debe ser solicitado directamente a la autoridad competente quien le fijara las condiciones de calidad de la descarga y el monitoreo que deberá realizar.

La extracción de agua subterránea por bombeo en áreas colindantes a un manglar debe garantizar el balance hidrológico en el cuerpo de agua y la vegetación evitando la intrusión salina del acuífero.

En caso de que sea necesario que sea necesario trazar una vía de comunicación en tramos cortos de un humedal o sobre un humedal, se deberá garantizar que la vía de comunicación es trazada sobre pilotes que permitan el libre flujo hidráulico dentro del ecosistema, así como garantizar el libre paso de la fauna silvestre. Durante el proceso constructivo se utilizaran métodos de construcción en fase (por sobre posición continua de la obra) que no dañen el suelo del humedal, no generen depósito de material de construcción ni genere residuos sólidos en el área.

La construcción de vías de comunicación aledañas, colindantes o paralelas al flujo del humedal costero, deberá incluir drenes y alcantarillas que permitan el libre flujo de agua y de luz. Se deberá dejar una franja de protección de 100m como mínimo, de manera que garantice la estabilidad del humedal.

Cualquier servicio que utilice postes, ductos, torres, y líneas, deberá ser dispuesto sobre derecho de vía. En caso de no existir alguna vía de comunicación se deberá buscar en lo posible bordear la comunidad de manglar, o en caso de cruzar el manglar causar el menor daño posible.

Queda prohibido el relleno, desmonte, quema y desecación de vegetación de humedal costero, para ser transformado en potreros, rellenos sanitarios, asentamientos humanos, bordos o cualquier obra que implique pérdida de vegetación que no haya sido autorizada por medio de un cambio de utilización de terrenos forestales y especificada en el informe preventivo, o en su caso, el estudio de impacto ambiental.

Queda prohibida la ubicación en zonas de tiro o disposición de material de dragado dentro del manglar, y en sitios en la unidad hidrológica donde haya el riesgo de obstrucción de los flujos hidrológicos de escurrimiento y mareas.

En los casos de autorización de canalización, el área de de manglar a deforestar deberá ser exclusivamente la aprobada tanto en la resolución de impacto ambiental y la autorización de cambio de utilización de terrenos forestales. No se permite la desviación o rectificación de canales naturales o de cualquier porción de una unidad hidrológica que contenga o no vegetación de manglar.

La construcción de canales deberá garantizar que no se fragmentará el ecosistema y que los canales permitirán su continuidad, se dará preferencia a las

obras o el desarrollo de infraestructura que tienda a reducir el número de canales en los manglares.

Se debe evitar la compactación del sedimento en marismas y humedales costeros como resultados del paso de ganado, personas, vehículos, y otros factores antropogénicos.

Se dará preferencia a obras y actividades que tiendan a restaurar, proteger o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre.

Se deberá proteger, restaurar o conservar las áreas de manglar ubicadas en las orillas e interiores de las bahías, estuarios, lagunas costeras y otros cuerpos de agua que sirvan como corredores biológicos y que faciliten el libre tránsito de la fauna silvestre, de acuerdo a como se determine en el Informe Preventivo.

Se deberá favorecer y propiciar la regeneración natural de la unidad hidrológica, comunidad vegetales y animales mediante el restablecimiento de la dinámica hidrológica y flujos hídricos continentales (ríos de superficie y subterráneos, arroyos permanentes y temporales, escurrimientos terrestres laminares, aportes del manto freático), la eliminación de vertimientos de aguas residuales y sin tratamiento protegiendo las áreas que presenten potencial para ello.

Los programas proyectos de restauración de manglares deberán estar fundamentados científica y técnicamente y aprobados en la resolución de impacto ambiental, previa consulta a un grupo colegiado. Dicho proyecto deberá contar con un protocolo que sirva de línea base para determinar las acciones a realizar.

La restauración de humedales costeros con zonas de manglar deberá utilizar el mayor número de especies nativas dominantes en el área a ser restaurada tomando en cuenta la estructura y composición de la comunidad vegetal local, los suelos, hidrología, y las condiciones del ecosistema donde se encuentre.

La mayoría de los humedales costeros restaurados y creados requerirán de por lo menos tres a cinco años de monitoreo, con la finalidad de asegurar que el humedal costero alcance la madurez y el desempeño óptimo.

Los estudios de impacto ambiental y ordenamiento deberán considerar un estudio integral de la unidad hidrológica donde se ubican los humedales costeros.

2.4.6 NORMA Oficial Mexicana NOM-117-SEMARNAT-2006, Que establece las especificaciones de protección ambiental durante la instalación, mantenimiento mayor y abandono, de sistemas de conducción de hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso por ducto, que se realicen en derechos de vía existentes, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales

El objetivo de esta NOM es establecer las especificaciones de protección al ambiente durante las actividades de instalación, mantenimiento mayor y abandono, de los sistemas para la conducción de hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso, a los que se refieren los artículos 3o. y 4o. de la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, que se realicen en derechos de vía existentes, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.

Disposiciones Generales

El responsable del cumplimiento de esta Norma Oficial Mexicana deberá apegarse a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y su Reglamento, así como al Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en Materia de Evaluación del Impacto Ambiental.

Instalación

Las actividades de despalme y deshierbe quedan restringidas a la zona que ocupe la amplitud del derecho de vía y, en caso necesario, del camino de acceso. En estas actividades no se podrán utilizar agroquímicos y/o fuego.

Deberán utilizarse los caminos de acceso ya existentes. En el caso excepcional de que sea imprescindible la apertura de nuevos caminos de acceso para llegar a las instalaciones, se debe cumplir con lo establecido en la legislación local aplicable.

Los residuos vegetales generados durante el despalme y deshierbe se deben triturar y dispersar dentro del derecho de vía, para facilitar su integración al suelo.

Quienes, durante la realización de los trabajos de mantenimiento mayor e instalación de tuberías de conducción de hidrocarburos y petroquímicos, realicen actividades de captura, persecución, cacería, colecta y tráfico de la fauna existente en la zona, serán sancionados conforme a lo dispuesto en la Ley General de Vida Silvestre y demás disposiciones jurídicas aplicables.

Se deben tomar las medidas necesarias para evitar la dispersión de polvos provenientes de la construcción, cuando los trabajos se realicen a menos de un kilómetro de los centros de población.

Se deben instalar en las etapas de preparación y construcción del proyecto, sanitarios portátiles en cantidad suficiente para todo el personal, además de contratar servicios especializados de mantenimiento.

En caso de que se requiera instalar campamentos, almacenes, oficinas y patios de maniobra, éstos deben ser temporales y ubicarse en zonas ya perturbadas.

En ningún caso se deberán realizar trabajos de mantenimiento preventivo de los vehículos utilizados, en las mismas áreas en donde se lleven a cabo obras de instalación o mantenimiento mayor de ductos.

En los casos en que la tubería cruce abrevaderos, jagüeyes, canales de riego o corrientes de agua, se deben emplear técnicas y/o procedimientos constructivos que eviten la afectación de su funcionalidad y en el caso de corrientes de agua, el cambio de la dinámica hidrológica natural.

En caso de que durante las diferentes etapas de la instalación y mantenimiento de la red de ductos para la conducción de hidrocarburos, se generen:

a) Residuos que por sus características se consideren como peligrosos, éstos deben manejarse y disponerse conforme a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos y demás ordenamientos jurídicos aplicables.

b) Residuos sólidos urbanos y de manejo especial, éstos se deben depositar en contenedores con tapa, colocados en sitios estratégicos al alcance de los trabajadores y trasladarse al sitio que indique la autoridad local competente para su disposición, con la periodicidad necesaria para evitar su acumulación, generación de lixiviados y la atracción y desarrollo de fauna nociva, conforme a la normatividad vigente.

c) Aguas residuales, se debe cumplir con la normatividad ambiental aplicable al caso.

Mantenimiento Mayor

Las descargas de aguas residuales, generadas en cualquier parte del sistema de conducción, deben cumplir con la normatividad ambiental aplicable al caso.

Queda prohibido el uso de agua potable para la realización de las obras o actividades en cualquiera de las etapas del proyecto.

Conclusión de las actividades de instalación y mantenimiento

Al terminar la obra y antes de iniciar la operación o al terminar cualquier trabajo de mantenimiento, el derecho de vía debe quedar libre de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.

En el caso del material excedente producto de la excavación de las zanjas que no sea utilizado para el relleno de las mismas, éste debe ser manejado y dispuesto en los sitios que indique la autoridad local competente.

Abandono del sitio al término de la vida útil del proyecto

Al término de la vida útil del sistema de conducción o parte de éste, el área afectada deberá ser restaurada a las condiciones similares a las existentes en las áreas adyacentes.

Al término de la vida útil del sistema de conducción o de parte de éste, los ductos podrán dejarse en el sitio, para lo que se deberá desalojar el producto que contenga el ducto, aislarse de cualquier servicio o suministro, limpiarse, taponarse en sus extremos haciendo un sello efectivo e inertizarse.

En el caso de que se retiren los ductos, se deberá cumplir con la legislación ambiental vigente para su manejo.

2.4.7 Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales

Esta NOM establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales, con el objeto de proteger su calidad y posibilitar sus usos, y es de observancia obligatoria para los responsables de dichas descargas. Esta NOM no se aplica a las descargas de aguas provenientes de drenajes separados de aguas pluviales.

La concentración de contaminantes básicos, metales pesados y cianuros para las descargas de aguas residuales a aguas y bienes nacionales, no debe exceder el valor indicado en la siguiente tabla. El rango permisible de potencial de hidrógeno (pH) es de 5 a 10 unidades.

Límites Máximos permisibles para contaminantes básicos.

Parámetros (miligramos por litro, excepto cuando se especifique)	Protección de vida acuática (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Estuarios (B)		Humedales naturales (B)	
	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D

Temperatura °C (1)	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Grasas y aceites (2)	15	25	15	25	15	25	15	25	25
Materia flotante (3)	ausente		ausente		ausente		Ausente		
Sólidos sedimentables (ml/l)	1	2	1	2	1	2	1	2	2
Sólidos suspendidos totales	40	60	150	200	75	125	75	125	125
Demanda bioquímica de Oxígeno	30	60	150	200	75	150	75	150	150
Nitrógeno total	15	25	N.A	N.A	15	25	N.A	N.A	N.A
Fósforo total	5	10	N.A	N.A	5	10	N.A	N.A	N.A

(1) Instantáneo (2) Muestra simple Promedio Pondera

(3) Ausente según el método de prueba definido en la NMX-AA-006

P.D=Promedio diario P.M=Promedio mensual N.A=no es aplicable

(A),(B),(C)Tipo de cuerpo receptor según la Ley Federal de Derechos

Tabla 2.5 Límites Máximos permisibles para contaminantes básicos.

Límites Máximos permisibles para metales pesados y cianuros.

Parámetro (miligramos por litro)	Protección de vida acuática (C)		Explotación pesquera, navegación y otros usos (A)		Estuarios (B)		Humedales Naturales (B)	
	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D	P.M	P.D
Arsénico	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2

Cadmio	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
Cianuros	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0	1.0	2.0
Cobre	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0	4.0	6.0
Cromo	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5	1.0
Mercurio	0.005	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.005	0.01
Níquel	2	4	2	4	2	4	2	4
Plomo	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.4
Zinc	10	20	10	20	10	20	10	20

P.D=Promedio diario P.M=Promedio mensual N.A=no es aplicable

(A),(B),(C)Tipo de cuerpo receptor según la Ley Federal de Derechos

Tabla 2.6 Límites Máximos permisibles para metales pesados y cianuros.

2.4.8 Norma Oficial Mexicana NOM-115-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y mantenimiento de pozos petroleros terrestres para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas o terrenos forestales

Durante todas las etapas del proyecto, el personal que interviene en estas actividades no debe capturar, perseguir, cazar, coleccionar, traficar o perjudicar a las especies y subespecies de flora y fauna silvestres que habitan en la zona.

Las medidas preventivas que deben aplicarse consisten en la colocación de señalamientos visibles, que contengan el nombre del campo petrolero, el nombre del pozo petrolero y su localización.

Durante la apertura de caminos y preparación del sitio no se debe quemar la vegetación ni usar agroquímicos para las actividades de desmonte y deshierbe. El producto de estas actividades debe ser dispuesto en el sitio que indique la autoridad local competente o ser triturado para su reincorporación al suelo.

Para atender las necesidades fisiológicas de los trabajadores, se deben utilizar sanitarios portátiles.

En la preparación del terreno se deben realizar las excavaciones, nivelaciones, rellenos y compactaciones con los materiales necesarios, considerando las obras de drenaje pluvial necesarias para evitar la acumulación de agua que pudiera

contaminarse con aceites, lubricantes y combustibles, por el uso de equipo, maquinaria y proceso de sitio.

El material generado por los trabajadores de nivelación del terreno y excavación se debe almacenar de manera temporal en los sitios especificados en el proyecto, evitando con ello la creación de barreras físicas que impidan el libre desplazamiento de la fauna a los sitios aledaños a éste, y bordos que modifican la topografía e hidrodinámica de terrenos inundables, así como el arrastre de sedimentos a los cuerpos de agua cercanos a la zona del proyecto para su posterior reutilización en la etapa de restauración de la zona.

Sólo pueden construirse nuevos caminos de acceso, en aquellos casos en donde no existan caminos previos que lleguen a la localización del pozo petrolero.

La localización o pera debe impermeabilizarse por medio de la compactación, en todos los casos, a un 90% conforme a la prueba proctor, con el fin de evitar que se infiltren contaminantes que pudieran impactar el suelo natural, en las áreas donde se instalarán los equipos de perforación y mantenimiento de pozos petroleros y tanques de almacenamiento.

En caso de que no se logre el 90% de compactación, en zonas con grandes precipitaciones pluviales mayores a 2,400 mm anuales, se debe impermeabilizar con productos de material sintético u otra tecnología disponible. En estos casos, se debe contar con los resultados de las pruebas que así lo demuestren.

El área de operación del pozo se debe delimitar con las protecciones perimetrales a base de malla ciclónica o alambrado de púas con una altura mínima de 1.2 metros, que impida el libre acceso a personas ajenas y a la fauna propias de las zonas ganaderas, agrícolas y eriales.

El responsable del pozo petrolero debe cuidar que los caminos de acceso se encuentren en óptimas condiciones de uso durante toda la vida útil del proyecto.

La colocación de señalamientos y letreros se deben conservar durante la etapa de perforación y mantenimiento.

La construcción del contrapozo debe ser con recubrimiento de concreto o de otro material que garantice la no infiltración al subsuelo.

Para el almacenamiento y resguardo de maquinaria, equipo y materiales, se debe destinar un sitio en específico en el proyecto con el fin de garantizar la aplicación de medidas de prevención y evitar impactos ambientales.

Todos los residuos sólidos, líquidos y domésticos se deben almacenar, temporalmente en contenedores con tapa para su posterior disposición final.

No se debe dar disposición final en el sitio del proyecto a los residuos sólidos y líquidos industriales y material sobrante de las actividades de perforación o mantenimiento de pozos petroleros.

Los recortes de perforación impregnados con fluidos base aceite deben manejarse conforme a la normatividad aplicable en la materia. Sin perjuicio a lo establecido anteriormente, los recortes de perforación impregnados con fluidos base aceite, resultantes de la perforación de los pozos petroleros, deben colectarse en góndolas o presas metálicas para su transporte, tratamiento, reciclaje y, en su caso, disposición final.

Todos aquellos envases, latas, tambos, garrafones, bolsas de plástico y bolsas de cartón, que hayan servido como recipientes de grasas, aceites, solventes, aditivos, lubricantes y todo tipo de sustancias inflamables generadas durante estas actividades deben ser manejadas de acuerdo a la normatividad aplicable en la materia.

El manejo y descarga de aguas residuales en el área del proyecto, zonas aledañas y cuerpos de agua debe realizarse de acuerdo a la normatividad aplicable en la materia.

En el caso de existir algún derrame de hidrocarburos, se procederá a restaurar o restablecer las condiciones físico-químicas del suelo, conforme a la normatividad vigente en la materia.

Al término de las actividades de perforación o mantenimiento de pozos petroleros se debe realizar la limpieza de la localización o pera, restaurando las zonas que hayan resultado afectadas, para tener las condiciones de operación y evitar la contaminación de áreas aledañas, disponiendo de los residuos generados por tal acción, en los sitios que indique la autoridad competente.

En el caso de que el pozo petrolero resulte improductivo o al término de la vida útil del pozo, se debe taponar conforme a las disposiciones técnicas que establece la normatividad vigente.

Las zonas a donde a consecuencia de las actividades de perforación y mantenimiento de pozos petroleros se hayan alterado la vegetación y que no se requieran durante un ciclo de vida del pozo petrolero o no las soliciten en esas condiciones los propietarios en la etapa de abandono del pozo, deben restaurarse una vez terminadas dichas actividades. Para restaurar o restablecer la vegetación se utilizarán las especies vegetales propias de la región, susceptibles a desarrollarse en el sitio.

En el caso de que el pozo petrolero resulte improductivo o al término de la vida útil del pozo, el área del proyecto y zonas aledañas que hayan resultado afectadas, deben ser restauradas a condiciones similares a las prevalecientes en las áreas adyacentes al momento del inicio de los trabajos de restauración.

La vigilancia de la presente NOM corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente y la Comisión Nacional del Agua, en el ámbito de sus respectivas atribuciones, cuyo personal realizará los trabajos de inspección y vigilancia que sean necesarios.

EL PROCESO DE PERFORACIÓN

3.1 Introducción

La operación de perforación, puede ser definida tan simple como el proceso de “hacer un agujero”, sin embargo es una tarea bastante compleja y delicada, por lo que debe ser planeada y ejecutada de tal manera que sea efectuada en forma segura, eficiente y produzca un pozo económico y útil.

Las prácticas y procedimientos empleados durante el diseño y la operación del pozo, son determinadas usualmente por prácticas comunes y costumbres en el área, experiencia y habilidad del personal, procedimientos y políticas de la empresa.

Todo esto debe ser revisado, estudiado y comprendido por todo el personal, a fin de cumplir con los objetivos esperados.

La seguridad del pozo (personal, instalaciones y medio ambiente), es un factor de primordial importancia.

La única manera de saber si realmente hay hidrocarburos en un sitio, propuesto por una investigación geológica previa es con la perforación. El proceso de perforación comienza a la par de la conclusión del proyecto exploratorio.

La evaluación y el desarrollo de los yacimientos de petróleo y gas es un proceso complejo que requiere de la interacción de numerosas y distintas disciplinas. La construcción del pozo juega una parte primordial en este proceso, ya que es responsable de construir el conducto desde el yacimiento hasta la superficie.

3.2 Etapas del proceso



Figura 3.1. Etapas del proceso de perforación. (Cortés Cortés, 2009)

El proceso de exploración puede ser dividido en cierto número de operaciones sucesivas cuyos componentes principales son:

3.2.1 Anteproyecto o cartera

Esta actividad da inicio al proyecto de perforación de un pozo petrolero. En conjunto con los activos de explotación se integra la cartera de proyectos que dará origen al programa operativo anual de perforación y mantenimiento de pozos.

3.2.2 Elaboración del proyecto y diseño del pozo

El diseño del pozo es el estado final ideal deseado. Por lo tanto se deberán aquí pre-definir todos los elementos que determinan las características del pozo, tanto en su etapa de perforación como de terminación.

El diseño de la perforación de un pozo petrolero requiere un trabajo sistemático y ordenado de ingeniería a fin de obtener el diseño óptimo que permita hacer un pozo útil en el menor tiempo, al menor costo y con el menor riesgo posible.

Es por esto necesario hacer un programa de perforación el cual es el documento donde se encuentra toda la información del pozo y debe contener:

- Antecedentes y datos generales.
- Información del área.
- Diseño del pozo.
- Selección del equipo.
- Determinación de geopresiones.
- Operación para realizar el pozo.
- Diseño de la geometría del pozo.
- Programa de fluidos de perforación.
- Diseño de las TR´s y su asentamiento.
- Diseño de la cementación.
- Diseño de la sarta de perforación.
- Programa de barrenas.
- Programa de tomas de información.
- Conexiones superficiales de control.
- Distribución de tiempos.
- Documentos de solicitud y aceptación.

La planeación de la perforación es el concepto de crear el diseño del pozo, el programa de operación y el programa de supervisión, previo al inicio de las actividades directas en la generación del pozo. (Cortés Cortés, 2009).

Es importante que en la recopilación de la información intervengan tanto personal de exploración, yacimientos y producción (activos) como de perforación.



Figura 3.2. Proceso de elaboración del proyecto. (Cortés Cortés, 2009)

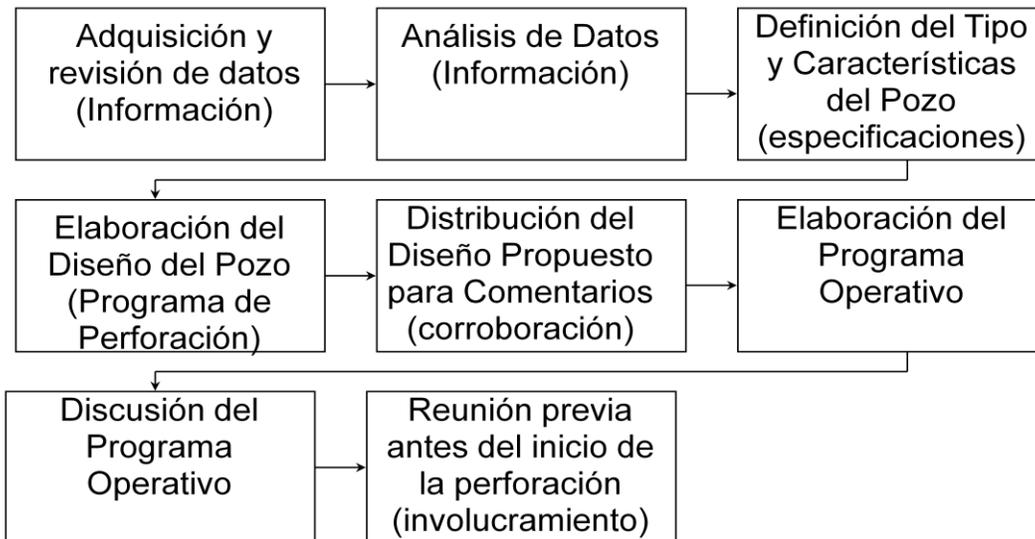


Figura 3.3 Proceso de Planeación del Pozo. (Steve Devereux)

El éxito o fracaso de un pozo, desde el punto de vista de perforación, es fuertemente dependiente del diseño del pozo previo al inicio de la perforación.

La planeación del pozo es fuertemente dependiente de la calidad y cantidad de los datos disponibles para la planeación.

3.2.3 Movimiento del equipo

Terminados los estudios del diseño de pozos, se transporta el equipo y materiales a la localización y se lleva a cabo la instalación del mismo.

En esta etapa del proceso es cuando se puede impactar en mayor medida al ecosistema al generar el trazado de caminos de acceso a lo que puede ser una pera o macro pera, la misma pera, la construcción de ductos, los asentamientos humanos, la eliminación de flora y fauna así como la eventual reducción del hábitat de estos últimos.

3.2.4 Ejecución del Proyecto

- Evaluación Geológica:

El objetivo es identificar el tipo de rocas en las cuales se pudiera haber acumulado petróleo y gas. Estas son rocas sedimentarias y la secuencia de aparición de las rocas pudiera estar relacionada a otras secuencias en las cuales gas y petróleo ya ha sido localizado.

Desafortunadamente los patrones en antes mencionados no son del todo confiables, aun cuando los estos puedan ser similares a aquellos en los que se ha encontrado petróleo y gas, no hay certeza en que contengan la estructura correcta para atrapar petróleo y/o gas e igualmente que puedan contener el hidrocarburo. (Schlumberger Drilling School, 2004).

En tierra, una evaluación geológica de características de superficie puede ser conducida para confirmar la prognosis geológica o para cubrir los detalles faltantes en evaluaciones existentes.

- Perspectiva Geofísica:

La perspectiva geofísica es la aplicación de los principios de la física al estudio de la geología de subsuelo.

Esta realza la información geológica ya conocida, sobre una formación. El objetivo es separar las rocas de basamento (aquellas que fueron formadas primero y sobre las cuales se habrán formado, subsecuentemente, las cuencas sedimentarias) de las rocas sedimentarias, ya que el petróleo y el gas se forman en este tipo de rocas. Los métodos geofísicos pueden ser utilizados para medir el grosor de los sedimentos y la forma de las estructuras dentro de los mismos.

Las evaluaciones geofísicas pueden ser divididas en dos categorías principales:

- 1) Evaluaciones de reconocimiento para destacar posibles áreas de interés en donde existan sedimentos y la posibilidad de existencia de trampas estructurales.
- 2) Evaluaciones detalladas para definir la localización de pozos, para probar estructuras específicas.

Los métodos geofísicos comúnmente utilizados son:

- a) Registros magnéticos, que miden las anomalías en el campo magnético de la tierra producido por las propiedades magnéticas de las rocas del subsuelo.

- b) Registros de gravedad, que miden las anomalías en el campo gravitacional de la tierra, producido por la densidad de las rocas del subsuelo.
- c) Registros sísmicos, que miden el tiempo que toman las ondas de sonido en viajar a través de las rocas del subsuelo. (Schlumberger Drilling School, 2004).

Los registros magnéticos y de gravedad son generalmente, métodos de reconocimiento.

Los registros sísmicos son generalmente evaluaciones detalladas las cuales son manipuladas electrónicamente y producida como una sección sísmica. (Manual de Diseño de la Perforación de Pozos, Schlumberger, 2004). Esta sección será entonces interpretada para así determinar la profundidad y el tipo de rocas presentes en el subsuelo y las estructuras. Estos estudios no contienen información del contenido del fluido de la roca.

Los estudios gravimétricos aprovechan las diferencias de la gravedad en distintos sectores, es decir la diferencia de densidades; a mayor densidad aumenta su aceleración gravitatoria.

Una prospección gravimétrica suele consistir en la determinación de las diferencias de gravedad entre una serie de puntos denominados estaciones que se distribuyen de modo, aproximadamente, uniforme sobre la zona de estudio. Las diferencias obtenidas en este proceso comparativo, denominado reducción, se llaman anomalías gravimétricas y son ellas las que sirven de base para la detección y determinación de los cuerpos o estructuras de interés. (Gatlin Carl, 1960).

Los estudios sísmicos generan ondas sísmicas a partir de explosiones controladas o de vibraciones a través de vehículos especializados, con este tipo de estudios es posible detectar la presencia de hidrocarburos.

Para este tipo de estudio, se envían ondas sonoras a lo profundo de la tierra, desde donde son reflejadas por los diferentes estratos. Se mide el tiempo que tardan en volver a la superficie. De este modo, puede apreciarse la profundidad de las capas reflectoras: a mayor intervalo, mayor profundidad. Tales estudios pueden indicar también qué tipo de rocas se encuentran bajo la superficie, ya que diferentes rocas transmiten el sonido a diferente velocidad.

- Perforación Exploratoria de Pozo

Basado en la interpretación de los estudios geológicos y geofísicos, se tomará la decisión de realizar una perforación exploratoria. La etapa de perforación se inicia

acondicionando el terreno mediante la construcción de "planchadas" y los caminos de acceso, puesto que el equipo de perforación moviliza herramientas y vehículos voluminosos y pesados. La localización del pozo es planificada para cruzar las características identificadas por las evaluaciones geofísicas. Los recortes del pozo son analizados por un geólogo en la locación, para así construir un modelo geológico del área. Al perforar el pozo se corren registros (de rayos gamma, eléctricos, sínicos, etc.) antes de que se haya colocado la tubería de revestimiento en el pozo en la mayoría de los casos, siendo esto lo más recomendable, pero en situaciones extraordinarias es posible tomarlos en agujero entubado.

Estos registros miden la radiación natural y el potencial eléctrico de los sedimentos, así como la resistencia y el tiempo de viaje sínico. La corrida de los registros depende de la geología de cada sección del pozo así como de la fase del lodo; los sedimentos que contengan hidrocarburo son registrados con mayor detalle. La información geológica y la información de los registros son utilizadas para determinar si existen zonas con contenido de hidrocarburo. En caso de que exista la presencia de hidrocarburo debe de ser valuada la naturaleza y cantidad de estos, las propiedades de flujo y la presión de las zonas contenedoras de hidrocarburos, así como la profundidad a la que existe, el grosor de la zona y la presencia de un acuífero.

Evaluación de formación, es el término utilizado para cubrir esta actividad, no obstante las técnicas utilizadas varían notablemente.

Rutinariamente se conduce una Multiprueba de Formación (RTF). Una herramienta es bajada al pozo y es posicionada contra un lado del agujero descubierto. Esta podrá medir la presión del yacimiento (la presión de poro de la formación) a esta profundidad y tomar una muestra del fluido de formación. La herramienta es entonces liberada del lado del agujero descubierto y reposicionada para tomar otra lectura de presión.

Las presiones y profundidades pueden ser correlacionadas para examinar la densidad del fluido (por lo tanto el tipo de fluido) y el perfil de la presión de poro contenidos en la formación.

Estos resultados identifican las zonas que contienen hidrocarburo, pero no la capacidad ni la permeabilidad de la formación. Esto se logra por medio de una prueba de producción, estas son pruebas que permiten que secciones de la formación fluyan como si estuvieran en producción.

Durante la prueba, es medida la presión en el fondo del pozo, los cambios de flujo en la superficie y la composición de los fluidos producidos. Esto indica el volumen de hidrocarburos en la zona bajo prueba y la capacidad de flujo o permeabilidad de la zona. Estas pruebas podrían durar entre 8 y 24 horas.

La información del pozo exploratorio (aun cuando este haya estado seco) son revisadas y se tomara o no la decisión de perforar pozos evaluatorios. (Schlumberger Drilling School, 2004).

- Perforación de Pozos Limítrofes.

El objetivo de la perforación de un pozo limítrofe es delinear los límites o fronteras del yacimiento. Por lo general, si un pozo exploratorio ha encontrado formaciones económicamente interesantes, se desarrollarán perforaciones evaluativas que son realizadas generalmente hacia el norte, sur, este y oeste de la locación, esto con efecto de cruzar los contactos entre el petróleo y el agua; y el petróleo y el gas (en caso de que los mismos estén presentes). La localización exacta de los pozos no puede ser planificada es por eso que la información de cada pozo es revisada y la localización del próximo pozo evaluativo será cambiada en concordancia con esta.

Los registros y pruebas (logging and testing) de los pozos evaluatorios son básicamente del mismo formato que los de un pozo exploratorio y a su vez en caso de seguir encontrando hidrocarburos se trazan nuevos pozos limítrofes siguiendo el patrón anterior. (Schlumberger Drilling School, 2004).

- Desarrollo de Perforación en el Pozo.

En caso de que los resultados de los pozos limítrofes sean prometedores, se comenzará un programa de desarrollo para el campo. Este programa especificará la cantidad y la localización de los pozos, que deben ser perforados para cubrir todo el campo, y así permitir la producción e inyección hacia la formación.

Los pozos de desarrollo pueden incluir el pozo exploratorio y los pozos limítrofes. En los nuevos pozos se deben correr registros así como hacer pruebas (de flujo, presión, etc.), la información aumentará el modelo de la formación y de este modo es posible modificar el modelo de flujo del yacimiento.

El número de pozos de desarrollo dicta el tamaño requerido de la pera o macro pera y la cantidad de equipo adicional que será utilizado (instalaciones de inyección de agua, etc.). Los estimados del tamaño del yacimiento y el programa de desarrollo de perforación permitirán determinar el perfil de producción del campo. Esto es significativo desde el punto de vista de ingeniería, ya que establece el programa de trabajo con el cual se llevará a cabo el desarrollo del yacimiento es decir la producción y los trabajos remédiales o los equipos de reparación, esperados durante la vida del campo, entre otros. También establece el programa financiero para el campo, ya que indica el flujo de caja asociado con la producción del campo.

Aunando a los costos exploratorios, un estimado de la ganancia bruta del campo puede ser establecida, como también, los requerimientos financieros durante la vida del campo. Como parte de esto, las reservas deben ser calculadas. Estas no son cifras establecidas, ya que la adquisición de información y la revalorización de las reservas está relacionada con el gasto de perforación de los pozos de

desarrollo y la información generada, según vaya produciendo el yacimiento. (Schlumberger Drilling School, 2004).

Las actividades de perforación implícitamente llevan un alto riesgo de contaminación y daño ambiental si no son controladas de manera adecuada, es por eso que se debe reducir los contaminantes y controlar toda clase de residuos, intentando ser así una industria limpia en la medida de lo posible.

3.2.5. Entrega del Pozo

Una vez que fluye el pozo y se han realizado las pruebas de producción suficientes, se entrega al departamento de producción para la explotación racional del yacimiento.

3.2.6. Finiquito del Acuerdo Mutuo

Es el documento elaborado por la compañía o sección de perforación y avalado por la compañía o sección encargada del yacimiento. Representa el estado final en el que se desarrolló el pozo y estado actual del mismo. Su contenido debe incluir un análisis comparativo entre el programa (diseño) y el resultado final y debe de contener la siguiente información:

- Información de la perforación.
- Información de la terminación.
- Resumen de costos y presupuestos
- Resumen de servicios
- Resumen de materiales empleados
- Permisos
- Anexos

Es importante una medida comparativa entre los pozos programados y los pozos finales reales.

3.3 Tipos de Equipos de Perforación que se utilizan en las zonas de humedales

La selección del equipo de perforación es una de las primeras tareas, cuando se selecciona el equipo de perforación se deben de considerar dos cosas

principalmente, la primera es garantizar que sea el equipo adecuado y en segundo lugar pero no menos importante el costo.

Antes de que el equipo sea seleccionado debe ser determinado el estado mecánico del pozo, en el cual se muestran características tales como la profundidad del agujero, los diferentes diámetros, la tubería de perforación, la potencia de las bombas, entre otros así como considerar los posibles problemas que puedan desarrollarse.

Comúnmente para las zonas pantanosas los equipos utilizados suelen ser equipos terrestres, los cuales perforan en tierra firme y desde ahí se desarrolla una perforación direccional, esta como su nombre lo dice es el proceso de dirigir el pozo hacia un objetivo a través de una trayectoria predeterminada en este caso hacia la zona del humedal.

Los equipos de perforación terrestres son clasificados de acuerdo a su capacidad para perforar en:

Capacidad.	Profundidad	
	[m]	[ft]
Ligero	1000-1500	3000-5000
Medio	1200-3000	4000-10000
Pesado	3500-5000	12000-16000
Ultrapesado	5500-7500	18000-25000

Tabla 3.1 Capacidad de los equipos de perforación. (Soto Pineda, 2004.)

También son utilizados equipos sumergibles, particularmente equipos tipo barcaza los cuales son usados en aguas someras o en zonas protegidas (ríos, bahías, pantanos, etc.) en tirantes de agua no mayor a 50 m, son transportados mediante remolcadores y una vez en el sitio son lastrados y posicionados.

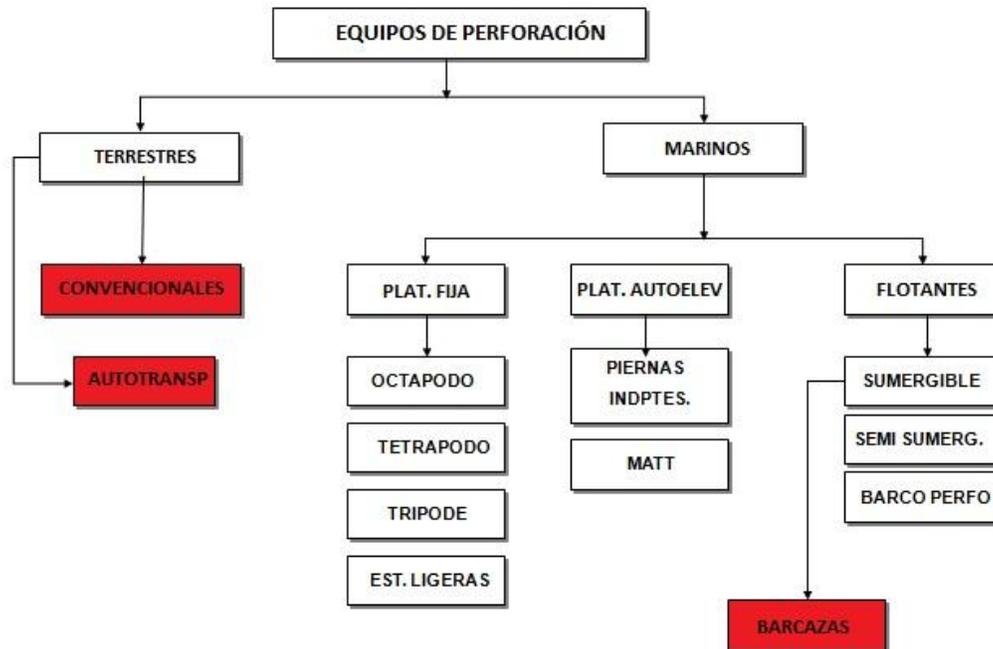


Figura 3.4. En rojo los equipos usados para perforar en zonas de humedales. (Soto Pineda, 2004).

3.4 Perforación Direccional

La perforación direccional es el proceso de dirigir la perforación del pozo a lo largo de una trayectoria hacia un objetivo predeterminado ubicado a determinada distancia lateral de la localización superficial del equipo de perforación.

En sus principios esta tecnología surgió como una operación de remedio. Se desarrolló de tal manera que ahora se considera una herramienta para la optimización de yacimientos. (Manual Diseño de la Perforación de Pozos, Slumberger, 2004).

Con frecuencia el control de la desviación es otro concepto que se relaciona con la perforación direccional. Se define como el proceso de mantener al agujero dentro de algunos límites predeterminados, relativos al ángulo de inclinación, o al desplazamiento horizontal con respecto a la vertical, o a ambos. (Neal J. Adams, 1985).

La perforación direccional se ha desarrollado como parte integral del proceso de planeación del pozo. Los pozos direccionales son comúnmente perforados y utilizados para diversos fines.

La perforación direccional no es simplemente escoger la trayectoria y el ángulo del agujero, esta debe incluir la selección de las técnicas más apropiadas de “survey” (Mitchel et al, 1995), decidir cuáles son las mejores herramientas de control, y

reunir la información geológica; así como las partes administrativas como el estudio de las regulaciones gubernamentales.

Aparte de esto el programa de la perforación direccional puede alterar o afectar el programa de cementación, el de tubería, el de hidráulica, así como las técnicas de cementación y centrado de la tubería.

3.4.1 Razones para perforar un Pozo Direccional

La perforación direccional ha sido considerada fundamental en la mayoría de las áreas, puede ser muy difícil de lograr en algunas regiones debido a los cambios demasiado abruptos en la litología de algunas formaciones. (Neal J. Adams)

La perforación direccional de un pozo petrolero ya sea debido a problemas de perforación o a consideraciones económicas tiene muchas aplicaciones, así mismo hay que también estar consciente de que las cosas pueden fallar es por eso que se mencionan también sus posibles problemas, fallas o peligros; y como podrían afectar entre ello está:

- Lugares inaccesibles: Muy a menudo el objetivo yace debajo de un lugar el cual es muy poco accesible o la normativa, leyes o reglamentos aplicables no lo permite. Ejemplos comunes son bahías, caminos, zonas residenciales y por supuesto zonas protegidas.

En este caso uno de los principales problemas es la misma locación dado que puede no ser suficiente el alcance del pozo, incluso si este es extendido.

- Perforación multilateral (sidetracking): Es el proceso de perforación de varias ramas a partir de un pozo con el fin de incrementar el área de drenaje del yacimiento, es decir perforar uno o varios ramales (laterales) en varias secciones dentro de la sección horizontal, vertical o direccional y lograr el incremento eficiente de la producción, mientras se reducen los costos e impactos ambientales de contaminación en superficie

Otra aplicación dentro de este mismo punto sirve para “puentear” una obstrucción (pez) en el agujero original.

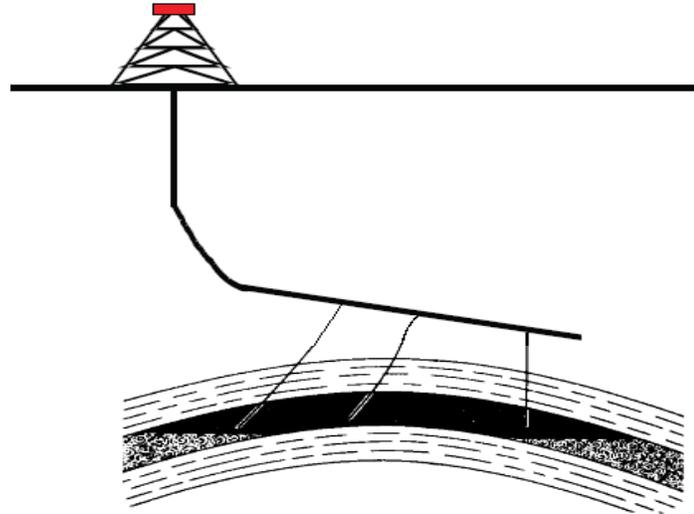


Figura 3.5 Perforación tipo multilateral.

- Perforación múltiple: Quizás la aplicación más común de la perforación direccional está asociada con la producción costa afuera, esto a razón de que es más económico en la gran mayoría de los casos perforar un número de pozos direccionales desde una misma plataforma que construir una plataforma para cada pozo en forma vertical.

Lo anterior, no solo ha incrementado la actividad de perforación direccional, sino que también los programas de trayectorias son más complicados, es por esto que hay que llevar bien documentado toda la actividad de perforación pero sobre todo las trayectorias de cada pozo, para evitar intersecciones que puedan causar algún otro tipo de falla.

La perforación múltiple también suele ser común en operaciones en tierra, dado que lleva la misma consideración económica que en plataformas.

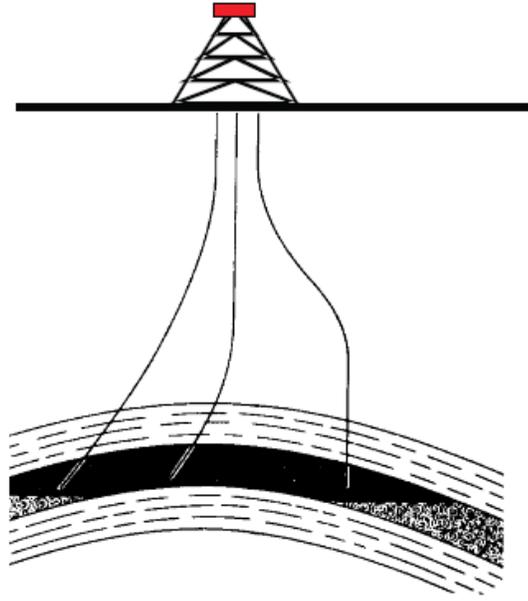


Figura 3.6 Perforaciones múltiples desde un mismo sitio.

- Perforación de pozos de alivio: Posiblemente la aplicación más espectacular dentro de la perforación direccional es perforar este tipo de pozos los cuales intersecan un pozo descontrolado y detienen un brote.

Se usan las técnicas direccionales para perforar los pozos de alivio para "matar" los pozos arrancados o en descontrol.

El pozo de alivio se desvía para ser utilizado como cierre posible de la reserva del pozo descontrolado: generalmente el objetivo de este pozo es "pegarle" al pozo fuera de control. Se bombea el lodo pesado hacia el pozo fuera de control para que el mismo supere la presión y por la diferencia de estas lograr detener los brotes del pozo.

Una vez controlado el primer pozo (el que tenía el brote o estaba fuera de control) es posible producir en la mayoría de los casos a través del pozo de alivio.

Para este tipo de casos el principal problema radica en el tiempo que se demorara en crear todo el diseño de perforación, así como ejecutarlo y esto traducido, quiere decir una gran cantidad de dinero invertido en el control del pozo desde el hecho del daño ambiental, las multas por esto mismo, pasando por la inversión original del pozo descontrolado y sin olvidar mencionar los costos de perforar un pozo nuevo, el cual será el de alivio.

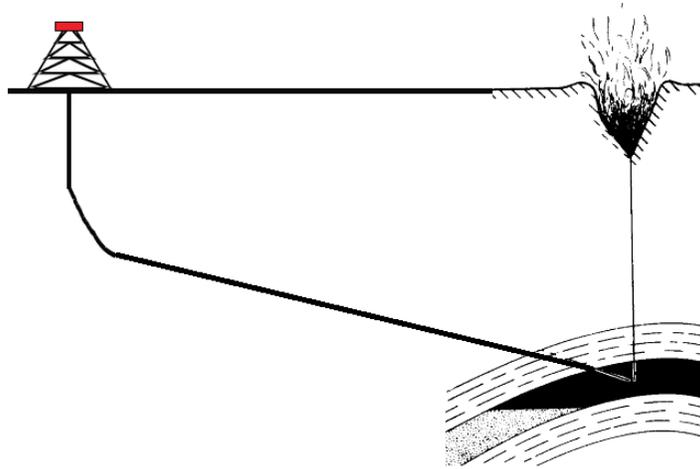


Figura 3.7 Perforación de pozos de alivio.

- Perforación de objetivos múltiples: Se puede definir como perforación de objetivos múltiples a un prospecto el cual no puede ser perforado verticalmente, forzosamente es necesario perforar hasta un primer objetivo y modificar la dirección del pozo para alcanzar el siguiente objetivo.

Los objetivos pueden estar en un plano de dos dimensiones tal que solo se deba cambiar el ángulo para desviar la trayectoria. En otros casos se pueden involucrar tres dimensiones en este caso la inclinación del “azimuth” debe ser cambiada.

Un contratiempo en este caso es el tiempo que se toma entre meter la sarta y volverla a sacar para cambiar la trayectoria.

- Perforación horizontal: La perforación horizontal es el proceso de dirigir la barrena durante la perforación de un pozo en una dirección y orientación aproximada de 90° con respecto a la vertical, para lograr extenderse varios cientos de metros dentro del yacimiento con el fin de alcanzar cuatro objetivos principales.
 - Incremento de la producción primaria (aumento de los gastos de producción).
 - Incremento de la producción secundaria (incremento de las reservas).
 - Recuperar producción primaria y secundaria.
 - Reducir el número de pozos verticales requeridos para el desarrollo del campo.

La principal falla para este tipo de perforación son los atascamientos debido al aumento de la zona de contacto entre la sarta con la pared del agujero.

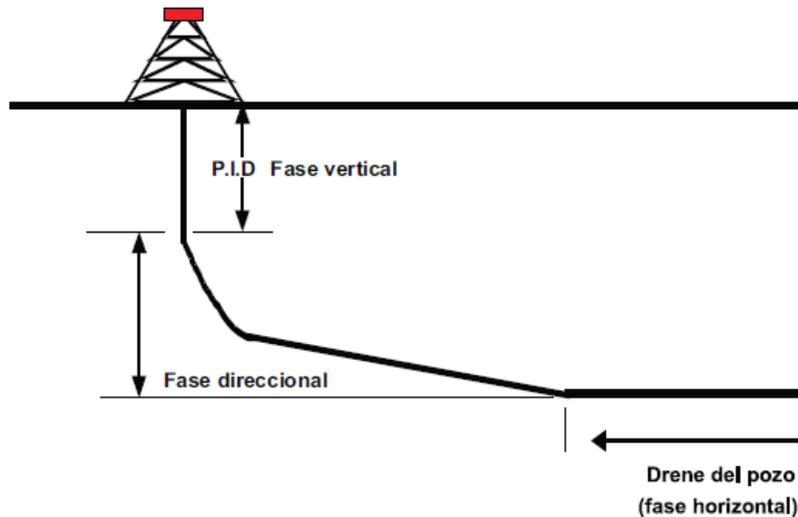


Figura 3.8 Perforación horizontal.

- Perforación de alcance extendido: Por definición los pozos de alcance extendido son aquellos que tienen una relación desplazamiento horizontal/ profundidad vertical verdadera (DH/PVV) mayor a 2. Aunque debido a los avances tecnológicos actuales, se perforan con mayor frecuencia pozos con relaciones mayores a 3.5. Esto no limita el tipo de trayectoria que pueden tener. Es posible planearlos tanto como pozos direccionales o como horizontales dependiendo de las condiciones geológicas y la infraestructura en superficie

Los pozos de alcance extendido pueden utilizarse para optimar el desarrollo de campos costa afuera. Reduce el número de pozos y plataformas. Incrementan la recuperación final del campo debido a la mayor área del yacimiento expuesta. Además, es posible acondicionar de manera relativamente económica, equipos viejos para perforar y terminar los pozos de alcance extendido, acondicionando entre otras cosas un top drive.

Otra aplicación muy interesante es el desarrollo de yacimientos someros costa afuera desde una localización terrestre, sin ninguna plataforma marina o a los mismos lugares inaccesibles y por consiguiente reduciendo los costos y el impacto al medio ambiente.

- Otras Aplicaciones: También se Perforan los pozos direccionales para evitar taladrar un pozo vertical a través de una falla de formación inclinada que podría dañar la TR en el movimiento de dicha falla. También pueden usarse los Pozos direccionales para superar los problemas de domo de sal perforado. En lugar de perforar a través de la sal, el pozo se perfora a un lado del el domo y se desvía entonces alrededor y debajo la gorra colgando.

También pueden usarse los pozos direccionales donde un depósito queda en el manto acuífero pero bastante cerca de la costa, la manera más barata de aprovecharse del depósito puede ser perforar los pozos direccionales de un equipo de la tierra en la costa.

Para cualquier tipo de perforación conforme se incrementen los costos de desarrollo de campos en aguas profundas, localizaciones remotas, ambientes hostiles, y zonas productoras más profundas el uso de la perforación direccional también se incrementara.

3.5 Geometría de Pozos Direccionales

Para alcanzar las coordenadas de fondo requeridas hay varios perfiles o geometrías para utilizar según más convenga:

- 1) Slant
- 2) Tipo J
- 3) Tipo S
- 4) El Alcance Extendido
- 5) Horizontal.

(Computalog Drilling Services, Training Curriculum 2009).

Estos perfiles pueden ser combinados también como sea necesario para alcanzar el objetivo u objetivos

Slant

Es un tipo de perforación especializada y equipos de perforación especiales son usados para estos perfiles. El pozo es perforado desde superficie con una inclinación mayor que el 0° y menor o igual a 45° . Este perfil es típicamente usado en los pozos poco profundos al intentar alcanzar un objetivo con un desplazamiento horizontal que es del 50% o más del TVD.

Tipo J

Éste es el perfil más común para la mayoría de los pozos direccionales. Incluye una sección de construcción de ángulo Terminal y una sección que mantiene dicha inclinación para atravesar los objetivos.

Una vez que el objetivo se ha alcanzado o no existe riesgo de que se pierda este se rota el resto del agujero dejando así que tome el camino natural de la formación.

La inclinación normalmente es 15° o más.

Tipo S

La curva tipo S tiene una sección de construcción para mantener y una de producir a 0 grados. Esta forma es por las razones siguientes:

- Pegarle a los objetivos múltiples al mismo desplazamiento horizontal.
- Ganar un desplazamiento horizontal deseado pero permite perforar a través de formaciones severamente accidentadas o las formaciones molestas en un modo cercano a la vertical

El Alcance Extendido

Una modificada o la geometría compleja, construye y sostiene típicamente una inclinación entre 60° y 80° con un alcance que es entre 4 y 7 veces mayor que el TVD.

Las situaciones más comunes para estos pozos son en el mar perforados desde una plataforma central.

Horizontal

Un perfil que consiste en una sección de construcción a $90^{\circ} + / -$ con una sección horizontal a través del mismo depósito o brecha productora.

3.6 Los Límites de Perforación Direccional

Cualquier límite de perforación direccional descrito en un libro de texto hoy, simplemente se rompería mañana por algún operador direccional. Se ha perforado los pozos horizontales a más de 6,100m de largo; los pozos del alcance extendido a más de 13,000m de alcance horizontal; los pozos horizontales multi-laterales con 10 ramificaciones; Perforado 27 pozos en una sola y sencilla locación en tierra. (Computalog, Directional Drilling Training Curriculum 2009).

Lista de algunos de los factores considerados al planear un pozo direccional:

- La inclinación y/o la severidad (anchura) limite del dogleg para minimizar problemas de revestimiento.
- La Severidad es una limitante también al momento en que se van a tomar registros eléctricos con cable debido al diámetro de las herramientas que utiliza y la longitud de las mismas.
- El peso sobre la barrena también es una limitante para perforar el pozo es posible no obtener el necesario debido a factores como son: el arrastre, diseño de la configuración de la herramienta, el fluido de perforación, el tipo y geometría del agujero por nombrar algunos.
- El alto potencial de pegaduras por diferencial.
- La limpieza del agujero también es una limitante en la perforación.
- La estabilidad del agujero (las condiciones tectónicas, desprendimientos o derrumbes).

3.7 Métodos para desviar los pozos

Hay varios métodos de desviar un pozo. Desviando nosotros queremos decir cambiando la inclinación y/o dirección de un agujero. Los métodos más comunes usados hoy son:

- Ensamblés de Fondo.
- Utilización de Tobera.
- Utilización de Cuchara.
- Motores de Fondo.

Las sartas estabilizadas son el método más barato para desviar un pozo y debe usarse siempre que sea posible. Desgraciadamente, la respuesta exacta de estas sartas es muy difícil predecir y los cambios izquierdo o el paso a la derecha es casi imposible de controlar. Cuando la exactitud del curso es necesario normalmente el último método que se utiliza. (Computalog, Directional Drilling Training Curriculum 2009).

3.7.1 Ensamble de fondo

Un ensamble de fondo es conformado por barrena, el estabilizador, escariadores, Drill Collars, subs y herramientas especiales. El uso de este ensamble limita la

perforación direccional y normalmente es utilizado para secciones verticales del agujero dónde la desviación no es un problema.

Para entender por qué un ensamble de este tipo desviará un agujero, consideremos el ensamble más simple y más fácil entender. La tendencia de desviación es el resultado de la deflexión que sufren los Drill Collars cuando se le aplica cierto peso.

Aunque los drill collars parecen ser muy rígidos, ellos se doblarán bastante para causar la desviación.

El punto de acción a través del drill collar generalmente por sí solo no tiene efecto sobre la desviación. Cuando el peso se aplica a la barrena, el drill collar se flexionará y el punto de apoyo sobre la parte baja del agujero se moverá más cerca de la barrena.

Debido a la deflexión del drill collar, la fuerza del resultante aplicada a la formación no está en la dirección del eje del agujero pero está en la dirección del drill collar. Cuando el peso de la barrena es aplicado, los movimientos de punto de tangencia hacia la barrena la cual actúa aumentando el ángulo. Puede verse prontamente que un aumento en el peso de la barrena lleva a un aumento en la tendencia de desviación.

3.7.2 Deflexión por Tobera

El método de desviación de un pozo por medio de Tobera (jeteo) era el método más común utilizado en formaciones suaves. Este método se ha utilizado con éxito hasta profundidades de 8,000 pies (2,400m); sin embargo la economía de este método y la habilidad de otras herramientas de perforación direccional limitan su uso.

Una formación conveniente para jetear debe seleccionarse cuidadosamente. Debe haber suficiente potencia de impacto hidráulico disponible y la formación debe ser bastante suave para ser desgastada por un chorro de lodo a través de una tobera de la barrena.

Hay barrenas especiales para esta aplicación constituidas por dos conos y el tercero sustituido por una gran tobera. La boquilla larga proporciona el alto impacto para erosionar la formación y así desviar el agujero mientras los dos conos proporcionan el mecanismo para perforar. Otras barrenas de desviación son las tricónicas están disponibles con una tobera fluida agrandada para el mismo efecto. Esto permite bombear una cantidad mayor de fluido a través de la tobera durante la operación de la erosión a través de la barrena.

Para desviar usando el método tobera, la sarta se debe bajar al fondo del agujero, y la tobera de se orienta en la dirección deseada.

Después de que unos metros se han chorreado, el flujo de las bombas regresan a aproximadamente 50% del utilizado para desviar y la sarta comienza a rotar. Puede ser necesario levantar del fondo para iniciar a rotar debido al alto torque.

3.7.3 Whipstock (cuchara)

La cuchara o whipstock es una herramienta de perforación direccional un tanto antigua que es raramente usada en la actualidad para perforar direccionalmente. La cuchara se fija a un BHA flexible que incluye una pequeña barrena.

El agujero debe estar limpio antes de ejecutar la operación con la cuchara. Al alcanzar el fondo la herramienta se saca ligeramente y la cara cóncava de la cuchara es orientada en la dirección deseada. La herramienta se orienta entonces en la dirección y es anclada firmemente, posteriormente se le aplica peso suficiente a la sarta para romper los pines que la sujetan de la cuchara. La barrena se baja al fondo e inicia la rotación. Aproximadamente 15 a 20 pies (4.5 a 6m) a una velocidad controlada. La cuchara se recupera entonces y el agujero se abre con una barrena ampliadora. Otro viaje con una barrena, estabilizador cerca de la barrena y BHA flexible se hace perforar otros 30 ' (9m). Un BHA a completo calibre es utilizado posteriormente para su perforación normal.

3.7.4 Motor de Fondo

Hay dos tipos predominante de motores de fondo impulsados por el flujo de lodo:

- 1) El de turbina que es básicamente un centrífugo o bombeo axial y
- 2) El de desplazamiento positivo (PDM). Se muestran los principios de funcionamiento en la siguiente figura y el diseño de la herramienta son totalmente diferentes. Las turbinas fueron muy utilizadas hace algunos años pero últimamente el PDM es el mecanismo de batalla principal para taladrar un pozo direccional. (Computalog, Directional Drilling Training Curriculum 2009).

3.8 Problemática General en la Perforación

Durante las operaciones de perforación, las tuberías empleadas se someten a esfuerzos como son el pandeo, cambios en la presión interna, efectos térmicos etcétera; los cuales pueden incidir negativamente, ocasionando que los costos y tiempos de operación se incrementen más de lo planeado. Estos efectos se describirán a continuación.

3.8.1 Efecto de Choque

Durante la introducción de una sarta pueden desarrollarse cargas significativas de choque, si la introducción se suspende súbitamente. El esfuerzo axial resultante de cambios de velocidad repentina es similar al golpe causado por el agua en un tubo cuando la válvula se cierra repentinamente, ocasionando lo que comúnmente se llama golpe de ariete.

Normalmente, las cargas de choque no son severas en cambios moderados de velocidad en la introducción de tubo.

3.8.2 Efecto de Cambio en la Presión Interna

Los cambios de presión interna pueden causar cargas importantes adicionales. Estos pueden ocurrir durante y después que la sarta se ha cementado y asentado el cabezal del pozo.

Durante las operaciones de cementación, la sarta está expuesta a cambios de presión interna, debido a la presión hidrostática de la lechada de cemento y la presión de desplazamiento. Esto no crea únicamente esfuerzo tangencial en la pared del tubo, el cual tiende al estallamiento, sino también incrementa el esfuerzo axial.

Mientras la tendencia al estallamiento es reconocida y mantenida dentro de los límites, la carga axial algunas veces es despreciada. Esto puede tener consecuencias graves, especialmente si el cemento ha comenzado a fraguar al terminar el desplazamiento.

3.8.3 Efecto de Cambio en la Presión Externa

Las condiciones de carga por presión externa se basan en la densidad del lodo en el exterior de la tubería de revestimiento durante las operaciones de cementación; algunas veces cuando la presión externa es mayor que la causada por el lodo se encuentran otras condiciones. Comúnmente, esto ocurre cuando la tubería se coloca frente a secciones de formaciones plásticas (domos salinos), eventualmente la sal transmitirá a la sarta la carga vertical de sobrecarga.

También puede resultar un esfuerzo axial del cambio de presión externa después de la terminación del pozo. Un ejemplo común del cambio de presión externa se origina por la degradación del lodo en el exterior de la tubería de revestimiento.

Un incremento en la presión externa causa un decremento en el esfuerzo tangencial tensional es decir, un incremento comprensivo tangencial. Esto significa que el diámetro de la tubería de revestimiento disminuye, la longitud se incrementa y un incremento en la presión interna puede causar que la tubería se colapse.

3.8.4 Efectos Térmicos

Los cambios de temperatura después de que la tubería es cementada y colgada en el cabezal. Los cambios de temperatura encontrados durante la vida del pozo generalmente son despreciables. Cuando la variación de la temperatura no es mínima, debe considerarse el esfuerzo axial restante en el diseño de la tubería y en el procedimiento de colgado.

3.8.5 Efecto de Flexión

En el diseño de la tubería de revestimiento debe considerarse el efecto de la curvatura de pozo y el ángulo de desviación vertical sobre el esfuerzo axial en la tubería. Cuando la tubería es forzada a doblarse, la tensión en el lado convexo de la curva puede incrementarse.

Por otro lado, en secciones de agujero relativamente rectas con un ángulo de desviación vertical significativo, el esfuerzo axial provocado por el peso del tubo se reduce. El incremento de fricción entre el tubo y la pared del pozo también afecta significativamente al esfuerzo axial. La fricción de la pared del pozo es favorable para el movimiento de la tubería hacia abajo y desfavorable para el movimiento hacia arriba, generalmente se compensa por adición de un mínimo de fuerza de jalón en la tensión axial.

3.8.6 Estabilidad de la Tubería

Si la presión solo actúa en las paredes interiores y no en el extremo inferior de un tubo, tiende a ladearse o pandearlo; si la presión actúa únicamente sobre la pared exterior y no en el extremo inferior tiende a prevenir la flexión. Cuando el tubo se cementa la presión puede causar flexión, lo cual puede prevenirse ajustando la carga axial en el tubo, así, será igual o excederá la carga de estabilidad.

3.8.7 Pandeo de las Tuberías

Las condiciones críticas de pozos como son: profundidad, alta presión y alta temperatura, requieren de un análisis y diseño seguro de las sartas de tuberías, tanto de revestimiento como de producción, ya que tales pozos son frecuentemente diseñados al factor de diseño límite.

3.9 Fluidos de Perforación

El fluido de perforación, puede ser cualquier sustancia o mezcla de sustancias que posean características físicas y químicas apropiadas (Sánchez Díaz, 2011); entre estas sustancias y sus combinaciones podemos encontrar agua, gases como el aire o el nitrógeno, así como aceite. Estos tienen varias funciones durante el proceso de perforación como lo es la lubricación, la activación de motores de fondo, el jetteo, el levantamiento de recortes, y el control del pozo (presiones de la formación).

Los fluidos de perforación también pueden tener funciones adicionales como suspender recortes y agentes densificantes mientras el fluido esté estático, soltar recortes atrapados o transportados en el fluido al llegar a la superficie, crear un enjarre delgado e impermeable sobre las paredes del agujero perforado para reducir la invasión de fluido, soportar tuberías a través del efecto de flotabilidad, etc.

Otras características de los fluidos de perforación es que no deben ser tóxicos, corrosivos e inflamables, debe mantener sus propiedades a altas temperaturas así como según las exigencias de la operación.

3.9.1 Tipos de fluido de perforación

Existen tres tipos principales de fluido de perforación, según la formulación del fluido base.

Aire / Gas.

Utilizado para perforar formaciones duras y secas o para combatir pérdidas de circulación. Rara vez se utiliza costa afuera, con la excepción de pozos de bajo balance o en perforación con tubería flexible o de producción.

Lodos Base Agua.

Los tipos principales sistemas de lodos base agua, son:

- No-Dispersos
- Dispersos
- Calados ó Cálcidos
- Polímeros
- Bajos en Sólidos
- Salinos (Saturados en Sal)

Los lodos base de agua fresca son generalmente utilizados para perforar pozos en tierra.

Sin embargo cabe mencionar que una mezcla de bentonita prehidratada con agua fresca a 50 lbs/bbl se utiliza a menudo como la base para la preparación de lodos costa afuera.

Los lodos con base agua de mar muchas veces incluyen la dilución de una mezcla de bentonita prehidratada desde 50 lbs/bbl a 20 lbs/bbl con agua de mar como fluido base con algún contenido inicial de arcillas con viscosidad y capacidad de formación del enjarre frente a las formaciones. Después se adicionan polímeros para controlar la pérdida de fluidos y mejorar la viscosidad, en tanto que la barita se utiliza para ajustar la densidad del fluido. Una vez que comienza la perforación el líquido adicional que se requiera será elaborado con la mezcla de polímeros y agua de mar, mientras que los sólidos perforados reemplazarán el componente de bentonita.

Los lodos con base salmuera son utilizados para crear lodos base agua para la prevención del hinchamiento de las arcillas. La salmuera base puede ser de cloruro de sodio, de potasio o de calcio y como las anteriores se agregan polímeros adicionales para controlar la pérdida de fluidos y mejorar la viscosidad, mientras que la barita se adiciona para ajustar la densidad del fluido.

Lodos Base Aceite

Los tipos principales de lodos base aceite, son:

- Base Diesel
- Emulsión Inversa
- Base Aceite (Todo Aceite)
- Sintéticos

Esencialmente todos excepto el 100% aceite contienen los mismos componentes básicos. El fluido básico (diesel, aceite mineral, parafina, éster, etc.) es mezclado con emulsificantes y salmuera de cloruro de calcio para crear una emulsión agua-en-aceite, seguido de un reductor de filtrado y arcillas organofílicas. La barita se adiciona entonces para ajustar la densidad.

Usualmente se adicionan variedad de emulsificantes siendo uno de ellos un modificador reológico bajo.

El lodo 100% aceite es simplemente un lodo base aceite en el cual no existen componentes de agua. Los aditivos comprenden cal, material obturante soluble en ácido y emulsificantes, los cuales son seleccionados para reducir cualquier daño potencial de la formación. (Schlumberger Drilling School, 2004).

3.10 Recortes de Perforación

Los recortes de perforación son fragmentos de roca que la barrena corta al avanzar, es decir partículas contenidas en los fluidos de perforación, propias de la perforación.

La calidad del equipo de control de sólidos que se tenga puede extender la vida útil de un sistema de lodos aunque, eventualmente, el reciclado de los sólidos causará la degradación de las partículas a tal punto que su tamaño se vuelve coloidal e intratable por medios mecánicos.

La fuente más común de contaminación encontrada en todos los fluidos de perforación es causada por sólidos perforados incorporados en el sistema, es por esto que después de haber circulado el lodo en varias ocasiones el lodo termina por contaminarse, a continuación se muestra una tabla de los sólidos perforados según su tamaño.

Tipo de sólido perforado.	Tamaño de la partícula.
Grueso	Mayor que 2000 micras.
Intermedio	Entre 250 y 2000 micras.
Medio	Entre 74 y 250 micras.
Fino	Entre 44 y 74 micras.
Superfino	Entre 2 y 44 micras.
Coloidal	Menor que 2 micras.

Tabla 3.2 (Schlumberger Drilling School, 2004).

LOS PANTANOS DE TABASCO Y SUS CORRIENTES FLUVIALES.

4.1 Introducción

Los humedales son zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él. Los humedales se dan donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas.

En la Convención de Ramsar se entiende como humedal a “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros”.

Se reconocen cinco tipos de humedales principales:

- Marinos (humedales costeros, inclusive lagunas costeras, costas rocosas y arrecifes de coral);
- Estuarinos (incluidos deltas, marismas de marea y manglares);
- Lacustres (humedales asociados con lagos);
- Ribereños (humedales adyacentes a ríos y arroyos); y
- Palustres (es decir, “pantanosos” - marismas, pantanos y ciénagas).

Además, a esta clasificación se le agregan los humedales artificiales, como estanques de cría de peces y camarones, estanques de granjas, tierras agrícolas de regadío, depresiones inundadas salinas, embalses, estanques de grava, piletas de aguas residuales y canales.

Existe un Sistema Ramsar de Clasificación de Tipos de Humedales dentro de la Convención que incluye 42 tipos, agrupados en tres categorías: humedales marinos y costeros, humedales continentales y humedales artificiales. Según esta Convención son considerados humedales marinos los que alcanzan una profundidad de hasta seis metros en marea baja.

Según la estimación del Centro Mundial de Monitoreo de la Conservación del PNUMA el porcentaje de humedales que conforman la superficie terrestre sería de

unos 570 millones de hectáreas (5,7 millones de km²) aproximadamente el 6% de la superficie de la Tierra de los cuales 2% son lagos, 30% turberas arbustivas o abiertas (“bogs”), 26% turberas de gramíneas o carrizo (“fens”), 20% pantanos y 15% llanuras aluviales.

Las interacciones de los componentes físicos, biológicos y químicos de un humedal, como los suelos, el agua, las plantas y los animales, ayudan a que los humedales desempeñen muchas funciones vitales, además de que a menudo representan beneficios económicos, como por ejemplo:

- Almacenamiento de agua;
- Protección contra tormentas y mitigación de crecidas;
- Estabilización de costas y control de la erosión;
- Recarga de acuíferos (movimiento descendente de agua del humedal al acuífero subterráneo);
- Descarga de acuíferos (movimiento ascendente de aguas que se convierten en aguas superficiales en un humedal);
- Depuración de aguas;
- Retención de nutrientes;
- Retención de sedimentos;
- Retención de contaminantes;

- Estabilización de las condiciones climáticas locales, particularmente lluvia y temperatura;
- Pesca, agricultura, recursos energéticos y recursos de vida silvestre así como posibilidades de recreación y turismo.

4.2 Pantanos de Tabasco

El Estado de Tabasco situado en el sureste mexicano, cuenta con 2,466,700 Ha. De las cuales 61% están dedicadas a actividades productivas y el 39% se distribuyen entre selva tropical perennifolia y vegetación acuática. En el Estado se presenta la mayor extensión de humedales (zonas inundables) en el país. Estas características permiten que posea una gran diversidad en lo que respecta a flora y fauna y permite sean considerados como uno de los ecosistemas más representativos de la biosfera (López - Hernández y Pérez, 1993).

Sobre la planicie costera de Tabasco escurren dos de los ríos más caudalosos de México, el Grijalva y el Usumacinta formando el Delta más importante de América septentrional y en el cual se ubica la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla con una extensión de 302,706 ha. Entre los Municipios de Centla, Jonuta y Macuspana abarcando el 12% de la superficie total de Tabasco. (SEMARNAP, 2000).

Los Pantanos de Centla fueron decretados área natural protegida, bajo la categoría de Reserva de la Biosfera, el 6 de agosto de 1992 con una superficie de 302,706 ha. El programa de manejo fue publicado en febrero del año 2000.

4.3 Caracterización de los Pantanos de Tabasco

Como todos los humedales en el mundo, los Pantanos de Centla mantienen bienes y valores que justifican por mucho su protección y aprovechamiento sostenible como la recarga de acuíferos, por la Reserva escurre un tercio del agua dulce del país, constituye uno de los más importantes sistemas deltaicos. Participa en el control de inundaciones actuando como esponjas que absorben las demasías de los ríos Grijalva y Usumacinta.

4.3.1 Ubicación Geográfica

La región pantanosa de Tabasco está comprendida básicamente dentro de tres municipios: Jonuta, Macuspana y Centla; siendo de este último donde se desprende el nombre Pantanos de Centla los cuales están localizados al noreste del Estado de Tabasco, abarcando 302,706-62-50 hectáreas que representan el 12.27% de la superficie total de la entidad. Se ubica entre las coordenadas geográficas 17° 57' 45" y 18° 39' 05" de latitud norte y 92° 06' 30" y 92° 47' 58" de longitud oeste. (Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, 1995).

La Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla se encuentra en su mayor parte dentro del municipio de Centla con 230,775 has; el de Jonuta con 65,651 has. y en menor proporción el Municipio de Macuspana con 6,280 has. Dentro de las ciudades más importantes encontramos la ciudad de Frontera en los límites del área. (INEGI, 1998).

4.3.2 Clima

El tipo de clima que predomina en el área es el Cálido húmedo con abundantes lluvias en verano. La temperatura media anual es de 26°C y la precipitación media

anual varía de 1400mm en la zona norte de la reserva, junto al Golfo de México a 2000mm en la porción sur de la misma. (García 1988; INEGI 1996).

La temporada de mayor precipitación en ese tipo de clima se encuentra en verano y parte de otoño debido a que son las épocas en que los ciclones tropicales afectan con más frecuencia e incrementa considerablemente la lluvia en la zona.

La precipitación varía de acuerdo a la época del año, durante el periodo de mayo-octubre el máximo de precipitación es de 1400 mm registrándose este valor en la parte sur de la reserva; en tanto que la mínima es de 1000 mm registrados en la región norte del área. El periodo noviembre-abril se caracteriza por ser de relativa sequía pues la máxima precipitación es de 600 mm en la parte sur de la reserva, y la mínima es de 400 mm se presenta en la parte norte. (Ficha Informativo de los Humedales de Ramsar, 1995).

Cabe mencionar que el área de estudio está influenciada en la época de invierno por la presencia de frentes fríos conocidos como “nortes”. Estos son comunes en Tabasco y modifican considerablemente el clima de la estación invernal. La temporada de nortes se extiende de octubre a marzo en algunas ocasiones; en este periodo unos 20 o 25 nortes pasan por el Golfo de México e invaden Tabasco aportando humedad al ambiente (West, et al 1985), sobre todo en los meses de diciembre a febrero.

Las características ambientales clima, suelo, relieve y material geológico, han condicionado el establecimiento y distribución de cinco asociaciones vegetales en el área:

- a) Las comunidades hidrófitas de espadañales y popales.
- b) La selva mediana subperennifolia de Puckté.
- c) La selva baja espinosa perennifolia de tinto.
- d) La vegetación riparia.

Estas asociaciones se localizan en las llanuras fluviales de los ríos.

- e) Los bosques de manglar.

Los cuales se agrupan alrededor de los cuerpos lagunares costeros y en los estuarios de los ríos. (Olguín et al, 2007).

4.3.3 Geomorfología

La geomorfología es una ciencia que estudia el relieve, tomando en cuenta que el relieve tiene una determinada expresión espacial sobre la superficie terrestre, y que a su vez es el basamento que sostiene a otros recursos naturales (agua, suelo, vegetación), por tanto da lugar al sistema terrestre que guía, controla, genera y anima a los componentes del medio natural, de esta manera los factores geomorfológicos, hidrológicos y pedológicos interactúan íntimamente, pues las

formas de relieve muchas veces determinan las características bióticas así como edáficas, originando una diferenciación espacial en diferentes unidades del paisaje (textura, pH, materia orgánica, etc.) cada unidad particular presenta características particulares del suelo y/o vegetación que aunada a la relación de la estructura espacial es posible descomponer en otras unidades de orden jerárquico menor a las condiciones fisiográficas relacionadas por ejemplo con los niveles de inundación permitiendo ser reconocimientos a mayor detalle. (Enríquez, 1997).

En la reserva de la biósfera el estudio de la llanura costera resulta interesante, por el carácter dinámico de los procesos exógenos (erosión, sedimentación) que se manifiestan a lo largo de la línea costera, y por el impacto de estos procesos en las comunidades vegetales.

4.3.4 Geología

El desarrollo geológico del territorio tabasqueño está marcado por eventos estratigráficos y estructurales de las eras Mesozoica y Cenozoica, los factores determinantes en el modelado del relieve de la entidad son el tectonismo por plegamiento y dislocación de las rocas, manifestado en las Sierras de Chiapas y Guatemala; y el relleno de cuencas marinas y lacustres, por sedimentación de material terrestre, transportado por las corrientes superficiales, que se manifiesta en la Llanura Costera.

Los Pantanos de Centla se localizan en la provincia geológica del Sureste de México, dentro de la subprovincia de la cuenca terciaria del sureste, es una de las más importantes de México desde el punto de vista geológico, ya que es el centro de conjunción de diferentes alineamientos tectónicos así como la comunicación con la península de Yucatán. Dentro de esta subprovincia están las cuencas del terciario de Tabasco.

El Delta del Usumacinta tiene un origen aluvial y lacustre del cuaternario. Bajo esta acumulación de sedimentos se encuentra una extensa cuenca estructural de origen marino y continental que data del Jurásico - Cretácico, alcanzando profundidades de alrededor de 700 m de materiales terrígenos clásticos del Cenozoico. Esta acumulación de sedimentos es el resultado de la interacción de los procesos de continua trasgresión y regresión marina que fue desplazando la línea de costa hacia el norte.

La región está representada por depósitos aluviales y palustres de edad cuaternaria de origen sedimentario, estos son el resultado del sistema fluvial Usumacinta - Grijalva que drena la Reserva. A lo largo de la costa Tabasqueña en el Golfo de México, se ubican sedimentos litorales como producto de la última regresión marina. (Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, 1995).

Municipio	Era	Subprovincia			Unidad litológica		
		Clave	Nombre	Tipo de roca por su origen	Clave	Nombre	% de la sup. Municipal
Centla	Cenozoico	Q	Cuaternario	Sedimentaria	(al)	Aluvial	3.47
					(la)	Lacustre	1.61
					(li)	Litoral	23.83
					(pa)	Palustre	71.09
Jonuta	Cenozoico	Q	Cuaternario	Sedimentaria	(al)	Aluvial	25.15
					(la)	Lacustre	6.21
					(pa)	Palustre	64.1
					T	Terciario	Sedimentaria
Macuspana	Cenozoico	Q	Cuaternario	Sedimentaria	(al)	Aluvial	9.71
					(la)	Lacustre	2.86
					(pa)	Palustre	54.94
					T	Terciario	Sedimentaria
					(cz)	Caliza	4.5
					(lu-ar)	Lutita Arsénica	2.91

Tabla 4.1 Características geológicas de la Reserva por municipios que la conforman. (Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, 2000).

4.3.5 Suelos.

Los suelos de la reserva de la biosfera en estudio son resultado de la influencia de tres factores fundamentales: la acumulación aluvial de sedimentos, el agua aportada por los ríos debido a las altas precipitaciones en la cuenca media y alta, y al tipo de vegetación.

Unidad	Características	%	Vegetación presente
Gleysol mólico (Gm)	Hidromórficos, textura fina coloración gris, presenta un horizonte rico en materia orgánica.	76%	Comunidades hidrófitas emergentes, selva mediana subperennifolia así como matorrales inundables. Selva baja espinosa.
Gleysol úétrico (Ge)	Se localiza en zonas más altas pero con inundación prolongada.		

Fluvisol éútrico (Je)	Textura migajón arcillosa-arenosa arcillosa en los primeros 20 cm. pH alcalino moderado. Materia orgánica alta, fértiles, inundados de 3-6 meses contenido de sales en pequeñas áreas junto al estuario de los ríos con intrusión salina	18%	Pastizales y cultivos perennes.
Zolonchac gleyco (Zg)	Se localizan en la llanura fluvio-marina, llanura fluvial baja junto a los estuarios con influencias de mareas, textura arenosa, pH alcalino moderado, ricos en materia orgánica en la capa superficial poco fértiles. Limitantes: inundaciones y acumulación de sales	4%	Manglar y pastos halófitos.
Regosol éútrico (Rg)	Se localizan al norte y noroeste. Textura arenosa, PH neutro, materia orgánica moderada, pobres a medianamente fértiles problemas de drenaje por inundación manto freático elevado.	2%	Cultivos de cocotero y pastizales cultivados e inducidos.

Tabla 4.2 Principales unidades edáficas de la RBPC. (Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, 2000).

4.3.6 Orografía y Subsuelo

Los suelos están constituidos, esencialmente por material de acarreo de los ríos.

La mayor parte del territorio es planicie que se extiende a la vista, sin obstáculo alguno, por todo el horizonte. Sin embargo hay al sur algunas elevaciones que vienen desde la meseta central de Chiapas.

Entre los montes o cerros más importantes se cuentan El Madrigal, con aproximadamente 1000 m de altitud sobre el nivel del mar, La Campana, La Corona y Poana en Tacotalpa; Coconá en Teapa; Mono Pelado en Huimanguillo; y El Tortuguero en Macuspana.

La constitución de los suelos tabasqueños en su mayor parte llanuras de aluvión, los hace inmejorables para la agricultura, sobre todo para cultivos perennes como cacao, plátano y coco.

Flora, fauna y petróleo integran con el agua, las riquezas naturales del estado; de ahí la necesidad de aprovechar sus beneficios para fortalecer y consolidar la riqueza permanente de Tabasco.

En el subsuelo abundan los minerales no metálicos: azufre que aparece asociado a los yacimientos de petróleo; calizas; arcillas aluminosas y dolomita. Las fabricas de cemento aprovechan las calizas, mientras la materia prima del aluminio espera todavía el momento de ser explotada en gran escala. La dolomita sirve para hacer fertilizantes; se usa también en siderurgia y en la producción de pintura.

4.3.7- Hidrografía

En Tabasco el agua es tan abundante que llega a haberla en demasía. Se concentra aquí la tercera parte de los recursos hidráulicos del país. Grandes albuferas y numerosas lagunas de agua dulce se hallan diseminadas por todo el territorio. Son incontables las corrientes cuyas aguas mansas y de poca profundidad bañan la región en todas direcciones. Los ríos más caudalosos son el Usumacinta y el Grijalva ambos parcialmente navegables, el sistema fluvial del estado se constituye con los caudales de estos dos ríos. Solo quedan fuera el río Tonalá, que sirve de límite con Veracruz, al oeste de Huamanguillo; los pequeños ríos de Chontalpa que se alimentan del exceso de agua de lluvia acumulada en los pantanos; y el río Gonzalez, brazo desprendido del Mescalapa a fines del siglo XIX, que sale al mar por la barra de Chiltepec.

Las cuencas del Usumacinta y del Grijalva se originan en las montañas del Los Altos en Guatemala, muy cerca una de la otra. Luego se separan al atravesar Chiapas y derramarse por la llanura de Tabasco, hasta reunirse al final en un solo brazo, poco antes del Puerto de Frontera.

El Usumacinta es el río más grande de México, dos corrientes concurren para darle origen: el Río Salinas y el Río de la Pasión, a los que luego se une el Lacatun.

El Alto Usumacinta recorre 200 kilómetros a partir de la la unión del Salinas y la Pasión, mientras que el Bajo Usumacinta comienza en Boca del Cerro y recibe 60 kilómetros después de Tenosique el más caudaloso de sus afluentes: el San Pedro, procedente del Peten guatemalteco. En su recorrido por territorio tabasqueño ya no tropezara con ningún obstáculo montañoso.

El gran brazo principal del Usumacinta recibe aguas de lagunas y arroyos y del propio Grijalva, hasta abrirse en dos corrientes que en seguida volverán a reunirse en el punto conocido como Tres Brazos con el río Grijalva; juntos saldrán al mar por la Barra de Frontera. En su desembocadura los dos grandes ríos alcanzan una amplitud de kilómetro y medio aproximadamente. (Del Águila Figueroa 1980).

4.4 Corrientes Fluviales en los Humedales de Tabasco

La Reserva de la Biosfera se encuentra ubicada en la región hidrológica Grijalva-Usumacinta.

Abarca parte de tres cuencas: Usumacinta al norte y centro de la Reserva; Laguna de Términos, al este y río Grijalva-Villahermosa, al sur y oeste de la Reserva, siendo ésta última la más extensa.

Los ríos más importantes de la Reserva son: el Grijalva, con un volumen anual de 27,013 millones de metros cúbicos y el Usumacinta, con un volumen anual de 55,832 millones de metros cúbicos, lo que lo convierte en el más caudaloso de México. Al Centro, Norte y Este, la Reserva es drenada por tributarios del Usumacinta como son el Palizada, San Pedrito, y San Pedro y San Pablo. Otros ríos importantes son el Bitzal, el Naranjos y Palomillal que drenan hacia el río Grijalva al Suroeste. La longitud total de los cauces activos de la Reserva es de 463 Km. (ríos Grijalva, Usumacinta, San Pedro y San Pablo, Bitzal y Palizada) que junto con los cauces antiguos suman alrededor de 925 km de ríos.

Los ríos Grijalva y Usumacinta aportan una carga suspendida de 7.6 millones de metros cúbicos, el Usumacinta aporta el 47% de la carga suspendida y el 85.6% del gasto total anual. Los ríos Usumacinta y el San Pedro y San Pablo son afectados por intrusiones salinas del Golfo de México en la época de secas y durante los nortes, hasta 30 y 22 Km. tierra adentro respectivamente, lo cual propicia la formación de manglares riparios en las orillas de los cauces.

En lo que respecta a sistemas lénticos en la Reserva se localizan 110 cuerpos de agua dulce con una superficie de 13,665 Has. destacando las zonas Centro y Sur donde se concentran el 84% de las lagunas, dentro de las que destacan: la de El Viento, El Campo, San Pedrito, Chichicastle, Tintal, Concepción, Tasajera y el Retiro; éstas ocupan depresiones entre los ríos Usumacinta y San Pedro y San Pablo; y las lagunas el Chochal, Narváez y Alegre, al este. Además de su importancia para la pesca, también lo son por sus paisajes y como vasos naturales reguladores de las inundaciones.

En cuanto a las lagunas costeras destacan la del Cometa, que drena hacia el río San Pedro y San Pablo; el Coco, hacia el Grijalva, y el Corcho (Municipio del Centro) que desaloja sus aguas hacia la laguna Santa Anita. Son de extensión reducida, sin embargo juegan un papel primordial en el ciclo de vida de muchas especies marinas, además de su valor paisajístico y para la pesca. Un patrón de drenaje adicional es el de drenes artificiales al Este, Sureste y Sur de la Reserva, de acceso a pozos petroleros lacustres, calculados con una longitud de 128 km. (*Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla, 2000*).

4.5 Objetivos de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla

La Reserva de la Biosfera tiene como objetivos primordiales:

- Conservar y proteger a perpetuidad muestras representativas de ecosistemas naturales frágiles o en peligro de desaparecer.
- Preservar la diversidad y equilibrio ecológico del conjunto de especies animales y vegetales dentro de los ecosistemas naturales presentes, salvaguardando la diversidad genética de especies, sobre todo aquellas que se encuentran en peligro de extinción.
- Proteger los recursos naturales y culturales que sustenten las actividades productivas esenciales para su desarrollo.
- Servir como área de investigación básica y aplicada, destinada a buscar un mejor manejo de la tierra y de los recursos bióticos en beneficio de los habitantes de la región.
- Proporcionar facilidades para la preparación y entrenamiento de recursos humanos especializados en el conocimiento y generación de tecnologías que permitan la conservación y aprovechamiento sosteniendo los recursos bióticos tropicales.
- Ofrecer alternativas de ecodesarrollo para las zonas inundables por medio de tecnologías de uso múltiple, integral y sostenido de los recursos con la participación de la población local.
- Facilitar oportunidades para la recreación e interpretación de la naturaleza que permita un mejor conocimiento y difusión de los recursos con los que cuenta el Estado.

Para lograr estos objetivos, cualquier reserva de la biosfera, debe contar con diferentes zonas de uso, como son: definir la capacidad de uso de la tierra de acuerdo a sus limitantes físicas; periodos de inundación y tipos de suelos, así como conocer los usos actuales del suelo y el establecimiento de las diferentes comunidades de flora y fauna.

4.6 División de la Reserva

La Reserva de la biosfera de pantanos de Centla se dividió en dos zonas núcleo y una de amortiguamiento.

- Zona Núcleo I: Ubicada al sur de la Reserva con una superficie de 57,738 ha.

- Zona Núcleo II: Ubicada al Norte de la Reserva con una superficie de 75,857.

En estas zonas solo se permitirá la realización de actividades de investigación científica, de ecoturismo, agropecuarias, pesqueras autorizadas, de educación ambiental, de preservación y recuperación de los recursos naturales. Así como aquellas actividades petroleras iniciadas con anterioridad al establecimiento de la Reserva, con la finalidad de conservar los recursos naturales que se encuentren en la zona de amortiguamiento, tomando en consideración los criterios de sustentabilidad en el manejo de los recursos, con base a las características naturales de la región, su estado de conservación presencia de ecosistemas o hábitats (INEGI, 2000).

Las zonas de amortiguamiento rodean a los núcleos y se dividen en cinco tipos de áreas.

- Área de manejo restringido: En estas áreas se podrán realizar actividades agropecuarias no extensivas, de ecoturismo, establecimiento de UMAS (Unidades para la Conservación y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre), y la construcción de puentes en aquellos derechos de vías existentes y caminos existentes, la ubicación de alcantarillas entre cordones, mismas que deberán efectuarse de tal manera que permita el movimiento natural del agua.
- Área de manejo intensivo: Las actividades que podrán realizarse dentro de las mismas serán aquellas emprendidas por las comunidades que ahí habiten, el ecoturismo, establecimiento de UMAS, la reforestación con especies nativas, obras de exploración, explotación o mantenimiento de hidrocarburos o para mejorar las condiciones de vida de los habitantes del área siempre que éstas no causen alteraciones o modifiquen los bordes de ríos, lagunas o arroyos.
- Área de manejo especial: Aquellas superficies que en coordinación de las autoridades competentes, se destinen a la realización de actividades de conservación y restauración de sus ecosistemas, acorde con los planes de desarrollo urbano existente para el uso de suelo y demás aplicaciones legales aplicables.
- Área de manejo de la vida silvestre: En ella podrán realizarse actividades de repoblación, conservación, recuperación y desarrollo, mediante un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, así como el establecimiento de UMAS con especies nativas.

- Área de preservación: Podrán realizarse las actividades antes referidas acordes con los objetivos del Programa de manejo y demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables.
(Manzanilla Vargas, 2010).

BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE LOS PANTANOS DE TABASCO

5.1 Introducción

Un ecosistema es el medio ambiente biológico que consiste en todos los organismos vivientes (biocenosis) de un lugar particular, incluyendo también todos los componentes no vivos (biotopo), los componentes físicos del medio ambiente con el cual los organismos interactúan, como el aire, el suelo, el agua y el sol. (University of Michigan).

5.2 Tipos de ecosistemas

La vegetación de las zonas pantanosas de México ha sido estudiada insuficientemente, situación que prevalece en la entidad, a pesar de que este recurso representa el ecosistema que en mayor proporción se presenta y de poseer una de las más importantes muestras de la flora vascular acuática de Mesoamérica (Lot. y Novelo 1988).

Según las investigaciones de Sol et al hay una lista de 8 asociaciones principales tanto de monocotiledóneas como dicotiledóneas de los sistemas acuáticos y terrestres:

- Comunidades Hidrófitas
 - a. Asociación de Hidrófitas emergentes
 - b. Asociación de Hidrófitas flotantes
 - c. Subacuática

- Selva mediana Subperennifolia de *Bucida buceras* (Puktal)
- Selva baja Subperennifolia de *Haematoxylon campechianum* (Tintal)
- Manglar
- Matorral de *Dalbergia brownii* (Mucal)
- Palmar de *Acoelorrhaphe wrightii* (Tasistal)
- Palmar de *Sabal mexicana* (Guanal)
- Vegetación riparia
- Cultivos y potreros

- Comunidades hidrófitas

Las comunidades hidrófitas ocupan más de la tercera parte de la región de los Pantanos de Centla, por lo que son las formaciones mejor desarrolladas y más extendidas dentro de los límites analizados.

a. Vegetación hidrófita emergente

El Neal también conocido en el estado como espadañal ocupa terrenos pertenecientes a dos de las zonas geomórficas identificadas en Centla, las Llanuras de cordón litoral y su mejor hábitat conocido como llanura palustre y lagunar de agua dulce.

La especie dominante en el Neal es *Typha latifolia* (hierba que se arraiga al sustrato); casi por lo general se compone de masas puras aunque se presentan algunas áreas en donde se asocia con el chintul (*Cyperus articulatus*) y con la siba (*Cladium jamaicense*) con la que forma asociaciones casi puras conocidas localmente como Sibal.

La flora que por lo general se encuentra en esta asociación de hidrófitas emergentes, se compone de hierbas con hábitos hidrófilicos o con alta resistencia a la inundación. Algunos elementos de su composición florística en los Pantanos de Centla son: *Hydrocotyle umbellatus*, *Cyperus articulatus*, *Fimbristylis spadiaceae*, *Eleocharys geniculata*, *Eleocharys cellulosa*, *Cyperus ligularis*, *Panicum maximum*, *Paspalum fasciculatum*, *Gynerium sagittatum*, *Eleusine indica*, *Rumex verticillatus*, *Mimosa pigra*, *Polygonum punctatum*, *Acrostichum aureum*, *Helicornia latispatha*, *Paspalum paniculatum* entre otras más.

b. Vegetación hidrófita flotante

Las hidrófitas flotantes se concentran en aquellas zonas donde la profundidad del agua se convierte en limitante para las especies que se arraigan al sustrato, se encuentran en ambientes netamente lacustres e invariablemente asociados a los palustres en donde conviven con el Neal.

Algunas de las especies que conforman este tipo de vegetación en Centla son las siguientes: *Eichornia crassipes* (jacinto), *Lemna minor* (oreja de ratón), *Nymphaea ampla*, *N. odorata*, (hoja de sol), *Nelumbo lutea* (pitahaya), *Pistiastratiotes* (lechuga de pantano), *Nymphoides humboldtiana*, *Heteranthera sp.*, *Cabomba sp.*, *Salvinia sp.*

c. Vegetación subacuática (hidrófitas sumergidas)

El Sargazal es el mejor tipo de vegetación subacuática reconocido localmente y está representado por *Cerathophyllum demersum* (Sargazo), *Ceratophyllum echinatum* y *Utricularia spp.* otras de las asociaciones reconocidas es el cintillal donde conviven dos especies *Vallisneria americana* (cintilla) y *Potamogeton sp.*

- Selva mediana subperennifolia de *Bucida buceras* L. (Pukteal)

La selva mediana subperennifolia de *Bucida buceras* o pukteal, es una de las comunidades leñosas que tiene conjuntamente con las comunidades hidrófitas y el manglar mayor importancia en el área. El pukteal se encuentra en la zona como amplias franjas, manchones y pequeños islotes entre la vegetación acuática con la que se delimita naturalmente. Ocasionalmente puede asociarse con la Selva Baja Subperennifolia (Tintal) o bien establecerse como un bosque mixto en las zonas de manglar. Además suelen estar asociadas en esta sección del dosel arbóreo otras especies como *Manilkara zapota* (chicozapote), *Dyospiros digina* (taucho), *Swietenia macrophylla* (caoba) y *Cedrella odorata* (cedro) lo que es posible registrar en el área de Selva que ocupa actualmente el ejido Tembladeras.

El estrato medio se encuentra integrado por *Sabal mexicana* (*guano redondo*), *Bactris balanoidea* (jahuacté), además de contar con la presencia de *Thevetia ahouai*, *Erithryna sp.* y una especie no identificada llamada localmente Caracolillo.

El sotobosque a consecuencia de las inundaciones constantes que sufre la selva se encuentra muy poco desarrollado, por lo que es muy común encontrar una gran cantidad de epifitas de las familias Bromeliaceae como *Achmea bracteata*, *tillandsia usneoides*, *Tillandsia balbisiana*, Orchidaceae tales como *Laelia anceps*, *Catasetum sp.* entre otras y de la familia Cactaceae como es *Stenocereus testudo* e *Hilocereus undatus*.

Otras especies presentes son los helechos *Achrostricum aureum* y *Polypodium lycopodioides*, algunos bejucos y enredaderas como la Bignoniacea *Pitecoctenium echinatum*, *Rhabdadenia biflora* de las Apocynaceae, *Faramea occidentalis* y los rompeplatos, nombre local dado a las Convolvulaceae del género *Ipomea spp.*

El impacto que recibe el pukteal lo constituye principalmente la extracción de leña, el corte de especies para construcción de casa habitación campesina y la fabricación de cayucos y utensilios, así comotambién el despeje de la vegetación en algunos sitios destinados a la agricultura de temporal (bajo el sistema de roza, tumba y quema), la ganadería y la explotación del petróleo en la construcción de caminos o drenes.

- Selva baja subperennifolia de *Haematoxylom campechianum* L. (Tintal)

La presencia del Tintal en Centla lo determinan las constantes crecientes de agua que sufre la región, dado esto a consecuencia del desarrollo de su elemento

dominante *Haematoxylum campechianum* (Palo de tinte o de Campeche) en sitios con topografía plana o tierras bajas de la Llanura Fluvial Baja la que se caracteriza por poseer un drenaje deficiente y contener materiales arcillo - limosos que les permiten mantener un alto grado de humedad.

- Manglar

La estructura del manglar está compuesta por los elementos característicos en Tabasco, con el orden siguiente: *Rizophora mangle* a la orilla de ríos y lagunas costeras de los Pantanos de Centla en donde presenta su mayor densidad y ocasionalmente en lagunas continentales. Esta especie es la que mejor controla los efectos provocados por las mareas y la alta concentración de sales. Cuando se encuentra sobre los bordos de los ríos es muy común encontrarlo asociado a las siguientes especies riparias: *Citharexylum hexangulare* (palomillo), *Dalbergia brownii* (muco), *Chrysobalanus icaco* (icaco), *Pithecellobium lanceolatum* (tucuy) e *Inga fysicalix* (chelele).

Avicennia germinans se establece atrás de la línea formada por el mangle rojo y se presenta a manera de masas puras, pero es más frecuente formando bosques mixtos.

Laguncularia racemosa y *Conocarpus erectus* aparecen donde la salinidad aparentemente es baja. En este caso el mangle se asocia francamente con la Selva Mediana Subperennifolia (Laguna El Cometa), el Mucal, Tintal y las comunidades hidrófitas (ejido Tembladeras, Lagunas Librillo y Concepción) haciéndose acompañar en este caso por especies características de los estratos del pukteal como *Bucida buceras*, *Manikara zapota*, *Pachira aquatica*, *Dyospiros digina*, *Callophyllum brasiliensis*, *Bactris balanoidea*, *Roystonea regia*, *Sabal mexicana*, entre otras.

El manglar sirve como refugio a otras formas de vida, entre ellas las epífitas como *Achmea bracteata*, parásitas como *Phoradendron mucronatum* (caballera), *Helosis sp.*, algunas enredaderas como *Passiflora coriacea* y el helecho característico del manglar *Achrostrichum aureum*. Algunas Cyperaceas como *Cyperus surinamensis*, *Fimbristylis spadiaceae*, *Eleocharis geniculata*, *E. celluosa*, y otras especies como *Hydrocotyle umbellatus*, *Nymphaea ampla* y *Salvina* y *Lemma minos* cuando este hace contacto con las comunidades hidrófitas.

- Matorral de *Dalbergia brownii* (Mucal)

El matorral de *Dalbergia brownii* es reconocido en toda la región de los Pantanos de Centla por ser esta su especie característica, se le localiza conviviendo con el pukteal, Manglar, Tintal y Comunidades Hidrófitas con las cuales forma eco tonos o áreas de enlace entre ellas.

Esta formación se localiza sobre todo a las orillas de los ríos y lagunas aunque es posible encontrarlo tierra adentro. Cuando esto ocurre el mual suele estar formado por especies que adquieren carácter ripario como el Tucuy (*Pithecellobium lanceolatum*), los cheleles (*Inga spuria*, e *Inga fyssicalix*), el gusano (*Lonchocarpus hondurensis*) y el palomillo (*Cytarexylum hexangulare*) además de que es posible que se desarrollen con este matorral elementos de los estratos de selvas, manglares y se asocien especies herbáceas y epífitas de las que se encuentran en toda la región.

- Palmar de *Acoelorrhaphe wrightii* (Tasistal).

Acoelorrhaphe wrightii forma masas puras que poseen alturas entre los 4 y 5 m aproximadamente dejando una distancia entre uno y otro manchón muy variable y que aproximadamente es de 10 a 15 m. Los tasistales se encuentran enfangados la mayor parte del año y se presume que quizá la existencia del palmar se deba a dos causas principales, la primera a la inundación constante de que son objeto sus elementos y la segunda a que esté presente una concentración de sales (López M. 1980).

El tasistal está presente en pequeños manchones y en franjas aisladas en dos zonas del área. Estas son, al sur de Frontera cercano a Arroyo Polo, en donde se establece en pastizales cultivados y en el área de el Espadañal donde se mezcla con el Neal y algunas comunidades de hidrófitas virtualmente se llegan a encontrar algunos individuos aislados en la selva y el manglar.

- Palmar de *Sabal mexicana* (Guanal)

Queda reunido bajo este nombre una porción de vegetación de elementos de la *Familia* Palmae dominado por *Sabal mexicana*, que se establece gracias a las constantes quemadas hechas para la siembra e inducción de pastos efectuadas en su área de distribución, esto coincide con las áreas que han sido más impactadas por la acción humana y la producción agropecuaria de la región.

- Vegetación Riparia

Se establecen bajo esta denominación a las comunidades que se localizan en los márgenes de los ríos, arroyos y canales de la región que abarca el área. Esta comunidad se ve fuertemente influenciada por la oscilación temporal de los niveles de agua.

Las especies que representan básicamente a esta vegetación en el área son el Sauzo o Sauce (*Salix chilensis*), el Chelele (*Inga spuria* e *Inga fissicalyx*), el Tucuy (*Pithecellobium lanceolatum*), el Gusano (*Lonchocarpus hondurensis*,

Lonchocarpus sp.), el Palomillo (*Cytharexylum hexangulare*), el Tinto (*Haematoxylum campechianum*), y el Muco (*Dalbergia brownii*).

- Cultivos y potreros

La agricultura representa un 1.2% de la superficie total de la Reserva y se localiza en llanuras aluviales y en cordones litorales dividiéndose en cultivos perennes representados por coco, limón, naranja, mango y chicozapote. Cultivos semiperennes los cuales se intercalan con pequeñas huertas de cultivos perennes y están caracterizados por plátano macho y cuadrado y finalmente los cultivos anuales caracterizados por el maíz (Sea maíz), frijol, calabaza, yuca, chile habanero, entre un sinnúmero de especies localmente utilizadas para fines alimenticios, ornamentales, religiosos, etc.

La inducción y cultivo de pastizales es quizá la actividad que mayor impacto ha causado en la zona en cuanto a su extensión y se representa con especies como el pangola (*Digitaria decumbens*), estrella de Africa (*Cynodon dactylum*) gigante (*Pennisetum purpureum*), privilegio (*Panicum maximun*), alemán (*Echynocloa polytachya*), el camalote (*Paspalum paniculatum*), pelillo (*Leersia hexandra*), grama amarga (*Paspalum conjugatum*).

Ficha Informativa de los Humedales Ramsar.¹

5.3 Lista de especies más comunes e importantes que pueblan las selvas y humedales en Tabasco

- Flora:

Familia	Especies
Acantáceas	Añil cucuy, Anilillo.
Alismáceas	Tule, Pico de pato.
Amarantáceas	Amaranto, Siempreviva, Bledo, Abanico, Cadillo.
Amarilidáceas	Lirio morado, Lirio Blanco, Maguey común, Maguey morado.
Ampelidáceas	Parra cultivada, Parra silvestre, Bejuco loco.
Anacardiáceas	Marañón.
Anonáceas	Anona, Chirimoya, Saramuyo, Salmuy, Cabeza de negro, Guanabo, Corcho, Anonillo.
Apocináceas	Muniste, Tabasqueña blanca, amarilla y roja, Siote, Campanilla.
Aráceas	Macal, Quequeste, Manto de la virgen, Flor de chile,

¹ Las ocho asociaciones mencionadas anteriormente, así como su clasificación pertenecen a la Ficha Informativa de Humedales Ramsar.

	Mututzay.
Aristolochiáceas	Cocobá, Flor de palomas.
Artocarpáceas	Árbol del pan, Ox, Ramón, Guarumo.
Asclepiadáceas	Quiebra muelas, Petaquilla, Flor de cera.
Aurantiáceas	Naranja dulce, Naranja agrio, Cidra, Limón, Limón real, Toronja, Lima dulce y agria, Muralla
Bignoniáceas	Maculiz, Guayacán, Xcandol, Bejuco blanco, Bejuco de ajo, Pie de gallo, Paine de brujo.
Bitneriáceas	Cacao, Pataaxte, Guácimo.
Bixáceas	Achiote, Achiotillo.
Bombáceas	Ceiba, Pochote, Zapote de agua, Amapola.
Borragíneas	Bojón, Ciricote, Rabo de mico, Bojarra, Bari.
Burseráceas	Palo de mulato.
Bromeliáceas	Piña, Pita, Piñuela de pita, Gallitos, Paxte.
Cactácea	Tuna, Nopal, Pithaya.
Cannáceas	Chanqule, Cañita agria, Sagú, Gua
Caprifoliáceas	Sauco.
Cariofiláceas	Clavel, Preciosa.
Ciperáceas	Junco, Chintul.
Combretáceas	Pucté.
Comelíneas	Matalíz, Yerba del pollo.
Compuestas	Árnica o Tanchinche, Margarita, Girasol, Inmortal, Dahalia, Florecilla, Cempoal, Carolina, Chioplé.
Convulvuláceas	Camote, Nacta blanca y amarilla, Rompe platos, Pascua, Cambustera.
Coriláceas	Guapaque.
Crescentiáceas	Jícaro, Guiro, Guajilote, Crucetillo.
Crucíferas	Col, Mostaza, Rábano, Nabo.
Cucurbitáceas	Calabaza, Bux o Leque, Pepino, Sandía, Melón, Chinchin, Cundeamor.
Dioscoráceas	Papa voladora, Ñame.
Ebenáceas	Zapote negro o Tauche.
Esmiláceas	Zarzaparrilla, Bejuco de chiquihuite.
Espondiáceas	Jobo-espino, Jobo liso, Jondura, Tuspana, Ciruela colorada, Jocote.
Euforbiáceas	Cascarillo, Piñón dulce, Piñón de purga, Yuca, Flor de Pascua, Panetela, Jabillo.
Gramíneas	Caña dulce, Otate, Jimba, Camalote, Carrizo, Camalote de agua, Pan caliente, Zacate limón, Arroz, Arrocillo, Grama, Navajuela.
Granáteas	Granado dulce y agrio.
Gutíferas	Mamey, Limoncillo, Guoguo.
Helechos	Calaguala, Culantrillo
Hipocreateáceas	Cepillo del diablo.
Jazmíneas	Jazmín sencillo y doble, Jazmín de Italia.

Labiadas	Mirto, Coralillo, Albahaca.
Lauráceas	Aguacate, Chinín, Laurel blanco, Laurel de bajo.
Leguminosas	Tamarindo, Piñuela de árbol, Chelele, Bitze o Guatope, Frijol, Madre de cacao blanca y prieta, Chapinol, Tinto, Tinco, Charamusco, Coccoite, Chipilcoite, Macayo, Pagay, Gusano, Cojinicuil, Palo de sangre, Cañafistola grande y chica, Haba grande o Tacalate, Ojo de venado, Patito o zapatito, Caracolillo, Jabín, Espino, Guanacaxte, Piche, Cantemó, Cachimbo, Dormilona, Nuez de montaña, Zarza, Cornezuelo.
Lorantáceas	Caballera.
Loganiáceas	Lombricera blanca y morada.
Magnoliáceas	Anonilla.
Malpighiáceas	Nance o Chi. Nance agrio, Escobillo.
Malváceas	Manzanilla o civil, Tulipán, Vara de San José, Vara de San Joaquín, Amistad, Doña Elvira, Malvavisco, Malva común, Majagua blanca, Chimbombó o Quimbombó.
Malastomáceas	Sabano o cenizo.
Meliáceas	Cedro blanco y colorado, Caoba, Paraíso.
Mirsináceas	Siche.
Mirtáceas	Pimienta, Poma rosa, Guayaba.
Móreas	Moral de clavo, Moral liso, Higo cultivado, Capulín grande, Amaté, Copó.
Musáceas	Plátano bellaco, dominico y manzano, Guineo morado y amarillo, Tanay, Cachete colorado, Plátano Roatán.
Nigtagíneas	Uña de gato, Maravilla.
Ninfáceas	Pan de manteca, Luna de agua.
Orquídeas	Vainilla, Torito o Flor de toro, Cebollín o pega guitarra.
Palmeras	Coco, Corozo, Cocoyol de sabana, Jahuacte, Palma real, Palmiche, Talíz o Talife, Guayita, Escoba, Chichón, Ballil o Matambilla, Sucayal, Taciste, Guano de sombrero, Guano yucateco.
Papayáceas	Papaya de castilla, papayita u oreja de mico.
Pasifloráceas	Jujo, Jujo melón, Jujito colorado, Jujito amarillo.
Piperáceas	Momo comestible, Yerba santa u Hoja de Santa María, Momo de Zopilote, Cordoncillo.
Pistiáceas	Lechuga acuática.
Plantagináceas	Llantén.
Plumbagináceas	Belsa o Embeleso.
Poligonáceas	Bejuco de San Diego, Palomillo.
Quenopodiáceas	Apazote o Epazote.
Ranunculáceas	Conejitos, Miramelindo o Espuela de caballero.
Rizóferas	Mangle colorado.
Rosáceas	Uspi, Isaquillo, Icaco, Rosa de concha, Rosa de castilla, Cien hojas, Rosa té, Miniatura, Rosa canario, Bejuco de Tachicón.
Rubiáceas	Popixte, Jugua, Palo de peine, Café Izoca, Castarriaca,

	Jicarillo.
Rutáceas	Ruda.
Salicíneas	Sauz.
Samidáceas	Pochitiquillo.
Sapindáceas	Guayo, Chichón colorado, Chichón blanco, Ojo de perro, Bejuco de barbasco, Jaboncillo o Amole.
Sapotáceas	Zapote, Chico zapote, Canisté, Caimito.
Sesámeas	Ajonjolí.
Solanáceas	Tabaco, Tabaquillo, Papas, Chile, Tomate, Tomatillo, Berenjena, Chamico, Campana blanca, Campana morada, Chilpate, Candelero, Yerbamora.
Trifáceas	Enea o Espadaña.
Tiliáceas	Joliocín, Capulín.
Umbelíferas	Eneldo, Hijono, Culantro, Hoja de sapo.
Urticáceas	Ortiga, Chichicaxte.
Verbenáceas	Musté, Mangle blanco, Orozús del país, Te del país.
Zingiberáceas	Jengibre
De orden dudoso o desconocido	Chacté, Tatuán, Serranía, Malacate, Chícharo, Chacahuanté, Castacuero, Quebrahachas, Botoncillo, Jobillo, Gusanillo, Ebano, Nabá, Pío de montaña, Bellota (de dos especies), Asta, Palencano, Trementino.

- Mamíferos:

Familia	Especies
Primates	Mono, Saraguato, Mico.
Quirópteros	Murciélagos.
Carnívoros	Chico o Tejón, Mapache, Cabeza blanca o Zapotero, Zorro hediendo, Comadreja, Onza, Perro de agua, Tigre real, Tigre corralero, León o Puma, Tigrillo.
Roedores	Tepezcuinle, Uco, Guaquenque o Sereque, Zorro espín o Puerco espín, Tuza, Ardillas, Rata, Ratón, Conejo.
Paquidermo	Tapir, Danta o Ante burro.
Bisulcos	Puerco de monte, Jabalí.
Rumiantes	Venado, Yuco o Cabrito.
Edentados	Oso colmenero, Chupa miel u Hormiguero, Mico de noche, Armado, Armadillo o Jueche.
Sirénidos	Manatí.
Cetáceos	Tonina, Delfín o Bufe.
Didelfianos	Zorro blanco (Zorra mochilera).

- Aves:

Familia	Especies
Páceres	Tordo, Calandria, Zacua, Pico de cera, Garrapatero o Pijuy, Sargento o Comendador, Sabanero, Cenzontle amarillo, Zanate, Pea, Azulejo, Tijereta, Madrugador o Chilera, Pistují o Come chile, Pucuy o Tapa camino, Chachalá, Martín pescador, Golondrina viajera, Golondrina de los ríos, Cardenal, Gato Arrocero, Pea azul, Bacalito o Chichimbacal.
Raptoras	Gavilán, Pascua Florida, Gavilán blanco, Águila o harpía, Pájaro vaquero, Guaraguao. Gavilán pescador, Lechuza, Soche Rey de los zopilotes, Zopilote común, Zopilote de montaña.
Zygodactilas	Guacamaya, Loro real o palencano, Cotorra, Perico o periquito, Pito real, Pito hacha, Carpintero, Chéje.
Gallináceas	Pavo común, Mulito o Guajolote, Faisán, Cojolite, Chachalaca, Codorniz, Golonchaco o Boloctoque.
Columbinas	Paloma torcaz o torcaza, Pordiosera, Purbuca o Mucuyita.
Ribereñas	Titirillo, Taratana o Alcaraván, Pezpita, Agachón, Tingüis, Gaviota, Correa, Gaitán, Coco, Gallinazo, Garza blanca grande, Garza blanca común, Jojó, Cupido, Jojoite, Garza morena, Paspoquete o Cucharón, Chocolatera, Tutupana.
Palmípedas	Pato negro, Ánsar, Algarabí o Algarabía, Pijije, Pato floridano, Patillo, Viudita, Alcatraz blanco, Alcatraz aplomado, Pontó, Cuervo, Zaramagullón, Flamenco.

- Reptiles:

Familia	Especies
Quelonios	Tortuga de mar, Tortuga de río, Hicotea, Guao, Chiquiguao, Mojina, Pochitoque, Talmama o Taímame.
Campsianos	Lagarto o Caimán.
Sauriano	Iguana verde (El macho es rojizo y se llama Garrobo, Lagartija domestica o Guarda casa, Salamanquesa, Escorpión.
Ofidianos	Víbora de cascabel o Crótalo, Nauyaca, Oracionera, Cola de hueso, Mazacúa, Bejuquillo, Coral.

- Batracios:

Familia	Especies
Ofiosomas	Mano de Piedra, Mano de Metate o Dos cabezas (el vulgo

	toma este batracio por un ofidiano).
Anuros	Rana, Sapo.

- Peces:

Familia	Especies
Escuamodermos	Robalo o Róbalo, Sábalo, Tenguayaca, Mulula, Casta Rica, Bobo escama, Peje puerco, Macabí, Dormilón o Guabina, Lisa, Trucha, Pez volador, Aranga o Arenque, Sardina, Topén.
Siluroides	Bagre, Curuco, Bobo.
Osteodermos	Caballo marino o Hipocampo.
Ganoides	Peje lagarto.
Cetáceos	Levisa, Raya, Manta o Manta raya, Tiburón (los jóvenes reciben el nombre de cazones), Peje espada o sierra.

- Insectos:

Familia	Especies
Coleópteros	Escarabajo, Polilla de las pieles, Escribanos, Botijón o Barrigón, Broma, Gorgojo, Luciérnaga, Cucayo o cocuyo, Cornezuelo.
Ortópteros	Tijereta, Tijerilla o Cartero, Cucaracha. Las que llaman en Tabasco Cucaracha conchuda no es un insecto sino una ninfa del género Homaeogamia. Langosta, que también recibe el nombre de Chapulín, temible por las devastaciones que ocasiona en sus largas y notables emigraciones.
Neurópteros	Comején común y con alas, Mariposa de los ríos o Efímera, Tulish o Cigarrillo.
Himenópteros	Abeja común o abeja real, Abeja del panal de sabana, Comactzá o Cuaja cabeza, Pijón, Abejón, Avispa chancaca, Casco de mula, Concha de armado, Hormiga colorada, Hormiga loca, Hormiga de fuego, que habita y deposita sus huevos dentro del Cornizuelo, Lelita arriera, Vieja, Chichimeca.
Lepidópteros	Papalotas de diversos géneros y variedad de colores, Polilla, Mariposa nocturna, Polilla del cacao.
Hemípteros	Chicharra, Cucaracha de agua, Chinche común, Chinche de las huertas, Piojo común.
Dípteros	Mosquito o Zancudo, Tábano grande, Tábano amarillo, Tábano negro, Colmoyote, Mosca de la carne, Mosca común, Jején, Chaquiste, Pulga, La nigua.

- Miriapodos:

Familia	Especies
Escorpionideos	Alacrán.
Falangideos	Araña de patas larga.
Aranéidos	Araña grande doméstica, Araña saltadora doméstica, Chiboque Yerba.
Acarídeos	Garrapate de caballo, Pinolillo, Bermeja, Talaje, Coloradilla.

- Crustáceos:

Familia	Especies
Podoftalmos	Jaiba, Cangrejo, Camarón, Pigua o Langosta.

- Gusanos:

Familia	Especies
Hirudineos	Sanguijuela.
Tuberlarios	Anguillas de los arroyos (planarias).

- Moluscos:

Familia	Especies
Dibranquianos	Pulpo.
Prosobranquios	Tote, Shote.
Lamelibranquios	Ostión de los ríos, Almeja, broma de la costa, que perfora las embarcaciones, ostión de mar.

- Equinodermos:

Familia	Especies
Asteroides	Estrella de mar.

- Claenterados:

Familia	Especies
Acalefos	Agua mala.

(Del Águila Figueroa, 1980).

5.4 Nicho Trófico

El nicho trófico es la estrategia de supervivencia de cada especie, se refiere a la forma de alimentarse, de competir con otras especies, de cazar y/o evitar ser cazada, es decir la función de cada especie en su ecosistema, aunado a esta definición podemos mencionar lo que es trama y cadena alimenticia lo cual se diferencian en que la cadena es solo una línea en la cual una especie se alimenta de otra, mientras que en la trama alimenticia

Es imposible armar una trama alimenticia como tal, dado la gran cantidad de flora y fauna existentes en este ecosistema, pero podemos afirmar la delicada relación que puede prevalece.

EFFECTO DE LA CONTAMINACIÓN ASOCIADA A LA PERFORACIÓN DE POZOS

6.1 Introducción

La Industria Petrolera ha tenido que enfrentarse a grandes problemas ocasionados por derrames de crudo, provocados por rupturas en oleoductos o tanques, descontrol de pozos, accidentes en buques-tanque, entre otros.

Es innegable la enorme dependencia de la explotación y procesamiento del petróleo para el ritmo de vida actual y por ende la necesidad de transportarlo de un lugar a otro, lo que trae consigo una contaminación por hidrocarburos que aumenta día a día provocando un fuerte impacto ambiental.

Según datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática existen más de 3,000 km de ductos que transportan diariamente, a diversos puntos de la República Mexicana, más de 1,073 millones de barriles de petróleo y 2,622 millones de pies cúbicos de gas. Los accidentes más comunes son la ruptura de ductos, los derrames de plataformas y accidentes de buques tanque (*Moreno et al. 2002*). Sin embargo, aunque hace algunas décadas se realizaron estudios sobre la contaminación por metales pesados y por hidrocarburos en algunos sistemas costeros del Golfo de México (*Botello et al. 2005*) y se determinaron algunos sitios de contaminación con hidrocarburos por rupturas de ductos principalmente en el occidente del estado de Tabasco (*Adams et al. 1999*).

Uno de los pocos estudios actuales (*García-López et al. 2006*), se realizó también en el estado de Tabasco y localizó 52 derrames de petróleo, la mayoría sobre histosoles y manglar, principalmente en el núcleo del campo La Venta, en donde el 75 % de la superficie estudiada registró niveles de contaminación por hidrocarburos de ligera a moderada.

En México, se estima que se han perdido aproximadamente 65 % de los manglares, según el World Resources Institute (*WRI, 2000*). También se estima que la tasa de deforestación es del 5 % anual (*López-Portillo y Ezcurra 2002*).

Dicho problema ha despertado el interés para preservar el medio ambiente, y para cumplir con esta finalidad, es necesario contar con personal especializado y equipo adecuado para poder enfrentarse con éxito ante cualquier derrame petrolero.

6.2 Causas de los derrames

Se encuentra que son cuatro principales causas que dan lugar a un derrame petrolero

- Rupturas en los equipos y oleoductos.
- Corrosión (interna o externa).
- Falta de mantenimiento en equipos e instalaciones.
- Error humano.

Otras menos frecuentes incluyen movimientos en tierra, las descargas a través de los ríos que desembocan al mar y que han arrastrado hidrocarburos existentes en tierra, la precipitación de los aceites presentes en la atmósfera que son absorbidos y arrastrados por lluvia, afloraciones submarinas o chapopoterías naturales, guerras, vandalismo, negligencia y los acaecidos meramente por accidentes.

Independientemente de los daños que sufran los equipos, instalaciones y aún pérdidas de vidas humanas, el problema que se tiene cuando ocurre un accidente, que origine derrames presenta dos aspectos: Uno consiste en tratar de controlar la fuga y pérdida del petróleo y el otro, evitar que el derrame originado se extienda, procurando recuperar la mayor cantidad de aceite posible y dispersando el remanente, reduciéndose así el impacto ambiental.

6.3 Factores del medio ambiente

El medio ambiente en el que ocurre un derrame tiene gran influencia por las operaciones de limpieza, entre los factores que deben considerarse se cuentan:

- a) En masas de agua
 - Dirección y velocidad de los vientos
 - Velocidad de las corrientes
 - Temperatura del agua
 - Condiciones atmosféricas generales y
 - Fronteras del área afectada

El derrame de petróleo tiende a moverse en dirección de los vientos con una velocidad de 3 a 4 % la velocidad de éstos, observando este fenómeno, puede predecirse el curso que tomará la mancha de petróleo, por lo que es recomendable iniciar estas actividades en los lugares donde prevalecen los vientos; en donde las aguas son más estáticas, pueden empezarse las operaciones en los puntos preseleccionados en los planes de contingencias.

Las condiciones estacionales, tales como fuertes lluvias, la aparición de desagües y la cantidad de desechos, pueden afectar significativamente la velocidad de las corrientes.

Una baja temperatura atmosférica y una baja temperatura en el agua tienen mayores implicaciones para el control de los derrames de petróleo tales como la reducción de la evaporación e inhibición de la ignición, que si bien son factores benéficos presentan la desventaja de disminuir los procesos de biodegradación o dispersión del petróleo. Mientras que en altas temperaturas del medio ambiente, biodegradación y dispersión son extremadamente rápidas.

El petróleo en el agua es atacado constantemente por los agentes atmosféricos. Algunos de los hidrocarburos ligeros tales como isobutano, butano normal, pentano y benceno no presentan una solubilidad considerable, como la mayoría de los compuestos de azufre y sales presentes en el petróleo crudo. La disolución de estos compuestos aunque sea en cantidades pequeñas puede causar problemas de olor y sabor sobre todo si el derrame llega a contaminar agua potable.

- b) En tierra
 - Tipo de terreno
 - Pendiente del terreno
 - Condiciones atmosféricas generales y
 - Dirección y velocidad de los vientos

En tierra la operación de recuperación y limpieza, suele ser más fácil de llevar a cabo, pues los planes de contingencia contemplan casi todas las posibilidades de derrame y su forma de controlarlos, así como las operaciones de limpieza necesarias para restaurar el medio ambiente. (Guerrero López, 1985). Del mismo modo la mayoría de los suelos contaminados con hidrocarburos, contienen microorganismos capaces de degradarlos observándose que la atenuación natural ocurre en la mayoría de los casos. Otro factor limitante para que ocurra la degradación de hidrocarburos en los sedimentos de manglares, es la falta de oxígeno.

6.4 Características del petróleo

El petróleo de origen bituminoso, se trata de un compuesto de hidrocarburos, básicamente carbono e hidrógeno, varía enormemente de color, desde negro, pasando por diversas tonalidades de café, verde hasta amarillo claro. Este puede ser pesado y viscoso o altamente ligero y volátil, las propiedades físicas más comunes para caracterizar el petróleo son: Tensión superficial, peso específico, grados API, viscosidad, punto de derrame (pour point), punto de inflamación (flash point), punto de oscurecimiento y contenido de cenizas.

6.4.1 Tensión superficial

Es la fuerza perpendicular a la superficie del líquido y dirigido hacia el seno de éste. Este fenómeno se debe a las fuerzas de atracción intermoleculares en el seno del líquido. Esta medida se usa para evaluar la velocidad de extendimiento de crudo en el agua, disminuyendo dicha tensión superficial por la presencia de gases disueltos en el crudo, así como un aumento en la temperatura, mientras que la alta gravedad específica (grados API) y la presencia de sales tienden a incrementarla.

6.4.2 Peso específico

Es la relación de su densidad a la densidad del agua a una determinada temperatura de referencia. El peso específico está directamente relacionado con la densidad y afecta fácilmente la dispersión en el agua.

6.4.3 Grados API (American Petroleum Institute)

Es una escala de pesos específicos elaborada por el American Petroleum Institute, definida por la siguiente ecuación:

$$\text{Grados API} = \frac{141.5}{\gamma} - 131.5$$

Donde:

γ es el peso específico del petróleo a 60 ° F

6.4.4. Viscosidad

Es una medida de la resistencia al flujo; y está influenciada por la temperatura.

6.4.5 Punto de derrame

Es la temperatura a la cual el petróleo se solidifica. Esto es debido a la formación de una estructura interna por microcristales de cera, tiene efecto directo sobre la viscosidad y la tensión superficial.

6.4.6 Punto de inflamación

El punto de inflamación del petróleo es la temperatura a la cual produce suficientes vapores inflamables para encenderse.

6.4.7 Punto de obscurecimiento

Es la temperatura a la cual las parafinas de un petróleo se cristalizan (normalmente se encuentran en solución), causando un obscurecimiento en el petróleo.

6.5 Procesos más importantes en la degradación del crudo

Después de un derrame se da un complicado fenómeno de multiprocesos: Extendimiento, evaporación, disolución, emulsificación, auto oxidación, biodegradación, hundimiento y afloración a la superficie; mientras estos fenómenos ocurren la mancha de petróleo puede también estarse moviendo.

6.5.1 Extendimiento

Este es el primer proceso que ocurre en una masa de agua, la mancha de petróleo se adelgaza hasta alcanzar un espesor final de 10 a 100 micras, dependiendo de algunos parámetros tales como, las propiedades del aceite, viscosidad y tensión superficial del petróleo, tensión superficial del agua, condiciones climatológicas, obstrucciones físicas y el tiempo.

El petróleo se extiende en la superficie del agua con una velocidad proporcional al espesor promedio instantáneo de la cara que forma y la ecuación que define esto es:

$$V = k e \mu$$

Donde

V = velocidad de extensión (l/t) e = espesor promedio (1) μ = viscosidad (m/lt)

K = factor de proporcionalidad

La insolubilidad del petróleo en el agua ayuda al extendimiento indefinido del petróleo sobre el agua hasta encontrar un obstáculo que se lo impida, por lo que el espesor de la mancha está en función del área libre, del volumen del petróleo derramado y de los efectos del viento y las corrientes de agua.

6.5.2 Evaporación

Es el proceso mediante el cual los compuestos de bajo peso molecular con puntos de ebullición relativamente bajos se volatilizan pasando a la atmósfera. Este fenómeno depende de las presiones de vapor, la viscosidad y de las condiciones ambientales. La evaporación reduce el volumen de aceite y su inflamabilidad, e incrementa la viscosidad y la densidad del residuo, en conjunto estos factores tendrán un efecto retardante sobre la velocidad de extensión. Las mayores pérdidas debidas a la evaporación ocurren durante los primeros días del derrame.

6.5.3 Disolución

Es el proceso mediante el cual los compuestos de bajo peso molecular y los compuestos polares se asocian a las moléculas de agua, desprendiéndose de la masa del petróleo, pasando a formar parte de la gran masa de agua

6.5.4 Emulsificación

Se llama emulsión a una dispersión coloidal de un líquido en otro inmiscible con él, la emulsión que forma el petróleo con el agua es extremadamente estable.

Se presentan dos tipos de Sistemas de emulsión, agua-petróleo y petróleo-agua, según las condiciones del derrame.

En los primeros días del derrame, si se tiene éxito inmediato, se recupera una emulsión agua-petróleo, mientras más tiempo transcurre el sistema se va tornando en emulsión petróleo-agua o sea de diluye en la inmensidades del agua (dispersión).

6.5.5 Oxidación

Este fenómeno tiene dos fuentes principales, la auto-oxidación y la degradación microbológica, ésta última puede ser aeróbica o anaeróbica.

La auto-oxidación es una reacción catalizadora por la luz, reaccionando los hidrocarburos con el oxígeno atmosférico, ésta reacción está influenciada por la temperatura, la presencia del aire y la superficie de contacto entre el agua y el aire. Los productos de este fenómeno son cetonas, aldehídos, alcoholes y ácidos carboxílicos, que se caracterizan por ser compuestos polares, quienes se disuelven fácilmente en el agua y además actúan como agentes emulsificantes o detergentes.

La degradación microbológica, también conocida como biodegradación es un proceso multifacético, favorecido por la presencia de nutrientes, especialmente el fósforo y el nitrógeno.

La velocidad de este proceso está en función de la temperatura, la densidad de población de microorganismos que se alimentan con el petróleo y la presencia de vida en forma superior que se alimenta de estos microorganismos.

Entre las especies que utilizan hidrocarburos e hidrocarburos oxidados químicamente como fuente de alimentación podemos citar ciertas bacterias como el *Corynebacterium* y *Mycobacterium*, Actinomicetos y filamentosos fungí entre otros.

6.5.6 Hundimiento

La evaporación, disolución y oxidación de los hidrocarburos, ligeros causan un incremento en la densidad del petróleo.

Este incremento en la densidad ocasiona que el petróleo se hunda, yéndose hasta el fondo del mar, donde la oxidación microbológica anaeróbica es el proceso más importante de biodegradación.

6.5.7 Resurgimiento del petróleo a la superficie

Si la densidad del petróleo se reduce suficientemente por la oxidación anaeróbica, el petróleo resurge a la superficie; empezando nuevamente un nuevo ciclo de degradación hasta que el petróleo desaparece o arriba a tierra.

En la siguiente tabla se presenta el color y apariencia del petróleo en el agua e indica cuanto petróleo se encuentra presente según el aspecto de la mancha. Sirve para poder detectar toda el área afectada por un derrame, haciendo inspecciones y al mismo tiempo sugerir el equipo más conveniente para atacarlo, ya sea barreras de contención y desnatadores o se recurre a un método de dispersión o biodegradación acelerada según lo demande el caso.

Cantidad aproximada de petróleo 1/km ²	Apariencia
45	Escasamente visible bajo muy buenas condiciones de luz
90	Un brillo platinado visible en la superficie del agua
180	Se observan los primeros vestigios de color
360	Bandas brillantes de color
1165	Presentación de color no muy intensa
2330	Los colores son mucho más oscuros

Tabla 6.1 Apariencia del petróleo. (Olguín, Hernández y Sánchez-Galván, 2007).

6.6 Comportamiento de los hidrocarburos en un derrame

El comportamiento de hidrocarburos en el suelo, es función primordial de la topografía, el petróleo tiende a fluir hacia los lugares bajos dependiendo de la temperatura, pues ésta influye directamente sobre la viscosidad, también debe considerarse la geología y el tipo de suelo, por ejemplo en arena o arenas rocosas, el petróleo penetra en el lugar relativamente libre, hasta que llega a una capa subterránea de agua y el petróleo empieza a moverse lateralmente.

En suelos arcillosos por su densidad natural absorben el 8% de petróleo en su peso, finalmente el factor más importante que faceta el comportamiento de los hidrocarburos en el suelo es la disponibilidad de una superficie de agua, cuando la tierra es seca, el petróleo es absorbido, pero bajo condiciones de humedad este tiende a flotar en o cerca de la superficie de la tierra.

Un derrame petrolero tiende a penetrar la superficie de la tierra, y a continuar su camino hasta encontrar una barrera tal como una formación de rocas o una capa de agua. Siguiendo el declive que tenga esta capa impermeable o siguiendo el curso del agua.

Por observación del nivel topográfico de la tierra o del área del derrame puede ser posible predecir la dirección en la cual migra el petróleo bajo la tierra. En algunos casos el petróleo permanece en una posición estacionaria, lo que significa que se encuentra en una capa impermeable y este puede ser el punto para recuperarlo o si el derrame fue lo suficientemente pequeño, este se dispersa por si mismo en el suelo. El petróleo que llega hasta la capa de agua, si no es atrapado en ésta, puede resurgir a la superficie más abajo, o surgir en una masa de agua tal como un río o lago.

En cuanto el comportamiento de los hidrocarburos en un medio acuoso se pueden encontrar en el agua flotando libremente, en emulsión, disueltos o adsorbidos a sólidos suspendidos. Los hidrocarburos con mayor número de carbonos tienden a flotar y están en forma libre. Por el contrario, las moléculas más pequeñas tienden a formar emulsiones con el agua y son más difíciles de remover (Reeves, 2005).

6.7 Características de los suelos Pantanosos

Estos suelos se caracterizan por un alto contenido de agua, de sal y sulfuro de hidrógeno, un bajo contenido de oxígeno y una elevada proporción de materia orgánica (Lewis, 2005). Los manglares se desarrollan sobre todo en terrenos fangosos y aluviales que por lo general se forman mediante la sedimentación de partículas de suelo transportadas por el agua.

6.7.1 Salinidad

La salinidad en los sedimentos (salinidad intersticial) de los bosques de manglar depende del tipo de hidrología que prevalezca en ellos. Los manglares en las orillas costeras, reciben constantemente agua de mar. Por otro lado, los manglares ribereños son influenciados por agua salobre ya que reciben agua de los ríos y canales, al igual que agua de mar. La salinidad varía estacionalmente y depende de la altura y amplitud de la marea, de la precipitación pluvial y de las variaciones estacionales en el volumen de agua que les aportan los ríos, canales y escurrimientos de tierras arriba. La salinidad en los suelos de bosques de manglar que se encuentran adyacentes a ríos es menor que la salinidad en el agua de mar. Por otro lado, en los manglares localizados en las orillas de la costa, la salinidad es más alta que la del agua de mar, debido al proceso de evaporación. En general la salinidad aumenta cuando el intercambio con la marea se interrumpe (Mitsch y Gosselink, 2000).

6.7.2 Oxigenación

La penetración de oxígeno y consecuentemente la descomposición aeróbica en los suelos de ecosistemas costeros están limitados a unos cuantos milímetros de

profundidad (Holmboe et al. 2001). Más abajo, los suelos de bosques de manglar presentan condiciones reducidas con potenciales de oxido-reducción en el rango de -100 a -400 mV, ésto como consecuencia de las condiciones de inundación que prevalecen en ellos (Mitsch y Gosselink, 2000). En las zonas anaeróbicas, la respiración bacteriana utiliza NO_3^- , MnO_2 , FeOH , SO_4^- y CO_2 como aceptores finales de electrones (Holmboe et al. 2001). El grado de reducción depende de la duración de la inundación y de la apertura del ecosistema a flujos de agua dulce y salada. El oxígeno puede ser transportado a la zona de la rizosfera a través del tejido aerenquimal que poseen los árboles de mangle, creando micro-sitios aeróbicos en esa zona. Asimismo, los flujos superficiales de agua en los suelos de manglares, ayudan a disminuir las condiciones reducidas en ellos, porque dichas aguas contienen oxígeno disuelto que es difundido hacia los suelos (Mitsch y Gosselink, 2000).

6.7.3 Acidez

Los suelos de los bosques de manglares son generalmente ácidos (Suprayogi y Murray, 1999). Las altas condiciones reducidas de los suelos y la consecuente acumulación de sulfitos causan condiciones de acidez extrema. Se ha reportado que los sedimentos de manglares pueden acumular hasta $0.1 \text{ kg S m}^{-3} \text{ año}^{-1}$ (Dent, 1992). Si los suelos de manglares son drenados, removidos o dragados, los depósitos de azufre (en forma de piritita) son liberados y por tanto, oxidados a ácido sulfúrico, causando más acidez.

6.7.4 Materia orgánica

La alta productividad primaria neta y la baja tasa de respiración del ecosistema de manglar, lo hace un sistema muy eficiente para la secuestro de carbono (Jennerjahn y Ittekkot, 2002). Adicionalmente, los sedimentos marinos o los de ríos también son fuente de materia orgánica para los suelos de bosques de manglar. La acumulación de materia orgánica en esta clase de suelos está influenciada por el tipo de hidrología, por las condiciones climáticas y de inundación, así como por las especies de vegetación que lo constituyen.

En los manglares que se encuentran en cuencas bajo condiciones de inundación permanente, la materia orgánica puede exportarse en forma disuelta. En contraste, si los manglares se encuentran en zonas de flujo constante de agua, como en las orillas, la materia orgánica se exporta en forma de partículas suspendidas (López-Portillo y Ezcurra, 2002). Según Bouillon et al. (2003) al estudiar la acumulación de materia orgánica en suelos de tres bosques de mangle que estaban conformados por las especies de mangle *Rhizophora* spp, *Exoecaria agallocha* y *Avicennia officinalis*. Cuando se tomaron muestras de suelo de cada bosque, encontraron que en suelos con *Rhizophora* spp, el contenido de carbono orgánico fue más alto que los suelos colonizados con *E. agallocha* o *A. officinalis*.

6.8 Contaminación de Pantanos por Hidrocarburos.

Es importante mencionar que en un estudio donde se investigue el impacto de hidrocarburos en un ecosistema tan complejo como lo es pantano, se debe considerar por lo menos seis subsistemas:

- Microorganismos diversos del suelo (aerobios y anaerobios).
- Suelo (sedimentos orgánicos).
- Agua (hidrología y calidad del agua).
- Flora.
- Fauna.
- Condiciones climáticas.

Cualquier ecosistema es en extremo delicado, particularmente los humedales; los problemas por derrames contribuyen en gran manera al aumento en la contaminación.

Los efectos de corto plazo sobre plántulas, árboles y mangles están relacionados a la asfixia y muerte cuando el petróleo pesado o viscoso cubre los pneumatóforos, sistema de raíces aéreas mediante las cuales se realiza el intercambio de gases con la atmósfera circundante al sustrato del manglar. Asimismo, la vegetación de manglar puede morir por intoxicación directa con los compuestos aromáticos de bajo peso molecular cuando estos dañan las membranas celulares de las raíces y se impide el proceso normal de exclusión de la sal (*IPIECA 1993*). Hasta ahora, los efectos de largo plazo parecen ser particulares para las diferentes especies de plantas y animales asociadas al ecosistema de manglar, dependiendo de la concentración y el tipo de hidrocarburo, así como de la intensidad de la contaminación. (*Olguín, Hernández y Sánchez-Galván, 2007*).

Los efectos de la contaminación en los pantanos en general son muchos, que van desde la deforestación y devastación hasta los derrames, algunos de estos efectos podrían ser secundarios y a largo plazo, esto sucede a raíz del daño ocasionado en una parte de la cadena del ecosistema y como deriva en daños hacia otros entes que pertenecen a ese ecosistema. Entre los efectos directos y apreciables a simple vista podemos mencionar algunos como son el deterioro en la calidad del agua, la mortalidad en flora y fauna, así como la destrucción de su hábitat. Es importante mencionar también la posible destrucción de especies endémicas.

Otros efectos menos visibles pero no por ello menos importantes son la destrucción de diversos microorganismos, el cambio de tipo de suelo y el deterioro de este, y aún menos visible el cambio de las condiciones climáticas de la zona.

6.9 Afectación ecológica durante la exploración.

Tomando en cuenta que para este tipo de ecosistema es posible arribar tanto por tierra como por agua a la zona donde se desea hacer el pozo se hacen consideraciones de la afectación que se puede generar en ambos ambientes (terrestre y acuático).

Las principales causas de contaminación de suelo que se dan durante la exploración, van de la apertura de caminos y preparación del sitio hasta el tendido de ductos sin olvidar mencionar los estudios geofísicos y geológicos.

El problema aquí radica en como llegar al sitio a donde se planea construir la pera para comenzar a perforar y para esto es necesario la creación de caminos, lo cual implica un deterioro en el suelo del humedal, lo cual puede causar barreras al flujo hidrológico, deforestación, cambio de uso de suelo entre otras.

Del mismo modo para el caso de las zonas pantanosas cuyas aguas son someras la afectación es producida durante el dragado, es decir durante la limpieza de los sedimentos del fondo, este proceso tiene el potencial para producir directa o indirectamente impactos negativos en el ambiente de las áreas dragadas.

Los potenciales impactos son sobre la calidad del agua, suspensión y distribución de sedimentos contaminados, impactos sobre peces, flora y otros organismos, cambios físicos del fondo acuático.

Uno de los cambios más importantes se efectúa después del dragado, al remover los sedimentos del fondo mecánicamente y al estar suspendidos en la columna de agua, los sedimentos como gravas y arenas se sedimentan rápidamente, mientras que los sedimentos más finos como limos y arcillas permanecen suspendidos, es así que son transportados por las corrientes generando turbidez, por ende falta de penetración de luz y como resultado final evitando que se lleve a cabo al fotosíntesis.

También por razones similares es posible que ocurran cambios en la temperatura, contenido de sal y nutrientes afectando así los factores abióticos y por ende los factores bióticos.

6.10 Afectaciones por fluidos y recortes de perforación.

Como se mencionó anteriormente un fluido de perforación es una mezcla de un solvente o base con aditivos, que cumplen con funciones físico-químicas específicas, y que a causa de la circulación y de los recortes que se producen durante la perforación termina por contaminarse y se torna en una sustancia de desecho. Los componentes de los fluidos de perforación deben de seleccionarse

de manera que el impacto que se produce en el medio ambiente por el desecho de lodo o detritos sea el mínimo.

Si bien los fluidos son esenciales para perforar con éxito un pozo, también pueden convertirse en uno de los aspectos más complicados de una operación de perforación. El nivel de daño que los fluidos de perforación producen en el medio ambiente depende del lodo que se use y de las condiciones medioambientales predominantes. Mar adentro, el lodo base agua es por lo general el que menos daños ocasiona comparado con el lodo base aceite; por otro lado los desechos de perforación que son producidos en tierra producen distintos tipos de impacto y el contenido de sal del lodo puede causar más problemas que el contenido de hidrocarburos.

Con frecuencia es el factor ambiental el de mayor peso para la selección del fluido de perforación, dependiendo de donde se encuentre localizado, como fluorescencia o biorradiación en zonas marinas o contenido de cloruros y metales pesados en zonas terrestres.

De igual manera que los fluidos, los recortes son residuos de la perforación los cuales varían en tamaño y a la larga contaminan y descomponen las propiedades del fluido.

El problema de los recortes de perforación es que se encuentran empapados de fluido de perforación, el cual puede tener agentes químicos como aditivos, el tipo de base y/o el mismo hidrocarburo del yacimiento muchas veces con sustancias como ácido sulfhídrico; también pueden poseer sales, todo cual puede afectar el suelo y aguas del humedal.

CONTROL DE DERRAMES EN PANTANOS MANEJO DE FLUIDOS Y DE RECORTES DE PERFORACIÓN

7.1 Métodos de prevención

La importancia de un método para controlar un derrame, radica en que el tiempo para iniciar las operaciones de contención y recuperación de un derrame petrolero sea corto, y por ende el impacto biológico que éste pudiera ocasionar. Entendiéndose por método, las técnicas de organización empleadas en una cuadrilla, cuyo fin es enfrentarse con éxito ante un derrame de cualquier magnitud.

Existen diferentes factores que deben tomarse en cuenta cuando se preseleccionan los puntos de control, esto es, el lugar más idóneo para ser el centro de control a partir del cual se administra personal y equipo. Entre dichos factores se encuentran (para masas de agua):

- La estación del año.
- Tipo de producto que puede derramarse accidentalmente.
- Velocidad con la que puede presentarse el derrame.
- Dirección más probable que tomará el derrame.
- Tiempo aproximado transcurrido entre el inicio de éste y el descubrimiento y reporte del mismo.
- Vías de acceso para poder controlar el derrame.
- Distancia entre el punto de derrame y el lugar donde se encuentra almacenado el equipo de contención y recuperación.
- Tiempo que consume la instalación del equipo de contención.

Cuando se seleccionan los lugares de control en los ríos se prefieren aquellos lugares donde la corriente es baja, pues solo en esas zonas es efectivo el uso de barreras de contención. Sin embargo si la velocidad de la corriente es muy alta, puede producirse la turbulencia suficiente que disminuya la eficiencia de la barrera.

Además de considerar los factores mencionados anteriormente se adicionan los siguientes para el caso de prevención en tierra:

- Planos de drenaje.
- Tipo de suelo.
- Localización de los depósitos de agua.
- Tipo y cantidad de producto.
- Efectos estacionales y del medio ambiente (paso de aguas de desagüe, lluvias, etc.)

Siempre que sea posible, los derrames deben controlarse antes de que puedan llegar a las masas de agua, debido a que la limpieza en ésta es costosa y tediosa.

Para el control en puntos de tierra, en instalaciones petroleras, no es a menudo necesario un preseleccionamiento de lugares estratégicos de control, tal como se elaboran para agua, pues siempre se toman medidas de seguridad en la construcción de cualquier zona destinada a tener actividades petroleras, por norma cuentan con diques y paredes de contención alrededor de los tanques de almacenamiento y varias otras instalaciones en el campo petrolero para contener un derrame, si acaso logra escapar de las barreras de contención, se recurre a la construcción de fosas o diques en el lugar, para poder controlarlas.

La contaminación del suelo puede ocurrir en más de una forma:

- Ser cubierto completamente.
- Solo estar cubierto de manchas.
- Ser cubierto en forma de grumos o bolas de petróleo.

La forma de contaminación depende en gran parte de la viscosidad del petróleo, del tipo de suelo y del tiempo que permanece el aceite en el. Por lo tanto debe conocerse muy bien y a detalle todas las condiciones del suelo hasta donde sea posible.

7.2 Técnicas de control

Cuando se tiene conocimiento de un derrame el primer trabajo es estudiar el camino del derrame. La segunda etapa es la contención del mismo. El primer paso de contención en el agua son las barreras, mientras que en tierra lo primordial es el movimiento del equipo que es usado en la construcción de diques para la contención del derrame petrolero.

Lo más recomendable de actuar en caso de derrames de petróleo en el agua, es eliminarlo de la superficie por medios mecánicos. De esta forma se evita que prosiga el daño sobre el medio ambiente, originado por el derrame.

La eliminación del petróleo en el agua por medios mecánicos requiere generalmente de un sistema integrado que abarque:

- a) Equipos para cercar el derrame (Contención).
- b) Equipos para extraer del agua el petróleo (Recuperación).
- c) Equipos para recoger en el lugar el aceite recuperado (almacenaje) para posteriormente traslado al destino definitivo de los desechos. (Guerrero López, 1985).

7.2.1 Equipos de Contención

Existen diferentes clases de barreras flotantes las cuales se han diseñado, pensando en las necesidades que se presentan cuando ocurre un derrame en masas de agua con diferentes condiciones.

Una barrera es, un equipo de contención flotante que se extiende arriba y abajo del espejo de agua, formando una barrera física para el movimiento del petróleo llevado por la corriente y deben ser:

- Lo suficientemente pesadas para que no sean levantadas por las corrientes.
- Con adecuada flotabilidad.
- Deben prevenir un flujo bajo la superficie del agua.
- Ser lo suficientemente flexibles para permitir que la barrera siga el contorno de la superficie del agua bajo la acción del viento y la corriente.
- Resistentes al deterioro por tiempo, hidrocarburos, etc.
- De armado y anclaje sencillo.
- De bajo costo.

Las barreras pueden ser porosas o no porosas. Una barrera porosa permite el paso del agua más no de los hidrocarburos, y las no porosas no permiten el paso del agua ni del petróleo a través de ellas.

Las barreras comerciales comunes son generalmente no porosas y están hechas de espuma de cloruro de polivinilo, corcho o hule incorporado para la flotación, se usan además cuerdas de polipropileno o metálicas y aún en algunos tipos se encuentran cadenas de acero galvanizado para fortalecer y soportar la barrera, para aumentar la estabilidad de las barreras en algunos casos se recurre al uso de sacos de arena.

Los tipos más comunes de barreras comerciales son:

- a) Barreras de cortina.
- b) Barreras de vallas ligeras y pesadas.
- c) Barreras de aire. (Guerrero López, 1985).

Barreras de cortinas y vallas ligeras y pesadas, se extienden arriba y debajo de la superficie formando una cortina que impide el extendimiento del petróleo por corrientes subacuáticas y a su vez confinan el petróleo a un área, con la parte de la barrera que emerge del agua. La cortina es flexible a lo largo del eje vertical y puede ser estabilizada por el peso para proveer gran resistencia a la distorsión por las corrientes superficiales, además poseen una cadena o cuerda de alambre soldado para transferir fuerza a través de la barrera.

- a) Barreras de cortina.

Son cuerpos cilíndricos cerrados, hechos con plástico espumado flotante, con una cortina de plástico flexible, está asegurada por una serie de cinchos de acero

inoxidable e intervalos apropiados de la medida del flotador, el lastre es remachado en el fondo de la cortina flexible.

La cantidad y espaciamiento de cada sección de barrera dependen de las condiciones del medio ambiente observadas en el lugar donde van a usarse.

Se encuentran barreras estándar disponibles de 10 y 15 cm de diámetro en los flotadores con cortinas de 15 a 60 cm de altura. Se les consigue en secciones de 1.2 y 2.7 m de longitud de los flotadores. La longitud total de la barrera extendida es de 1.5 y 3 m. Respectivamente. Las secciones se conectan y pueden formar barreras flotantes de la longitud deseada. Estas barreras están diseñadas para aguas relativamente tranquilas.

b) Barreras de vallas ligeras y pesadas.

Tienen una valla vertical o entrepaño extendiéndose por arriba y debajo de la superficie del agua para proveer un peso muerto y contrarrestar las corrientes bajo el agua.

Todo el equipo flotante se asegura a las vallas flotantes, el final de la valla es frecuentemente estabilizado y reforzado con cables y cadenas. La distinción entre ligeras y pesadas radica en las dimensiones de los componentes y el peso.

c) Barreras de aire.

Consisten de un tubo sumergido, por medio del cual se libera aire comprimido, produciéndose una efervescencia en la superficie del agua alrededor del tubo; ésta efervescencia produce una superficie levantada debajo de la cual el petróleo puede ser atrapado. Son eficientes cuando no hay corrientes de agua y el viento no ejerce presión sobre el aire comprimido; es decir en aguas tranquilas.

Una barrera está supuestamente diseñada para contener las manchas de aceite, concentrándola tanto como sea posible para aumentar su grosor y facilitar así las operaciones de recuperación.

Uno de sus mejores usos consiste en arrastrarla a través del espejo de agua logrando un desplazamiento de la mancha, confinándola cerca de equipos de recuperación. También sirve para proteger aquellos lugares en donde se quiere evitar al máximo la contaminación desviando la mancha de aceite.

7.2.2 Equipos de recuperación

Los equipos para extraer el petróleo del agua son conocidos generalmente como desnatadores. Éstos aprovechan la diferencia en el comportamiento físico que existe entre el petróleo y el agua, como son la gravedad, absorción de un material poroso, etc. Estas diferencias y la combinación de las mismas, ayudan para diseñar los desnatadores, para ser usados en ríos, en aguas cerradas, puertos estuarios y aguas abiertas. Para fabricar y usar un desnatador con eficiencia, en

algunas ocasiones la limitante es el medio ambiente y en otras el líquido contaminante. Contienen tres componentes básicos:

- Atrapadores delanteros.
- Sistemas de bombeo.
- Separador de petróleo-agua.

Dichos componentes pueden ser una sola unidad, unidades separadas o alguna combinación entre las tres.

7.2.2.1 Atrapadores delanteros

Los tipos más comunes de delanteros son:

- a) Tipo vertedero.
- b) Tipo succión flotante.
- c) Tipo superficie absorbente.

Entre los parámetros que afectan la selección de un atrapador delantero están:

- Tipo de petróleo.
- Estado de la masa de agua.
- Desechos absorbentes.
- Restricciones físicas (grosor de la mancha y cantidad).
- Habilidad de separación petróleo-agua.

a) Desnatador con atrapador delantero tipo vertedero.

Depende de la gravedad para drenar el petróleo de la superficie del agua. Una vez atrapado en un pozo colector de petróleo debajo de la superficie, se bombea al área de almacenamiento. La altura del vertedero es usualmente ajustable por varios medios tales como velocidad de bombeo del petróleo al almacenamiento, ajustes mecánicos o el grosor de la mancha.

Su eficiencia depende de aguas tranquilas y de un adecuado grosor de la mancha de tal manera que el agua tomada sea mínima; se recomienda el uso de éstos desnatadores en aguas calmadas con grosores de mancha arriba de 0.025 m.

b) Desnatador con atrapador delantero tipo succión flotante.

Se conectan a la sección de separación petróleo-agua mediante un succionador, limitan la cantidad de agua entrante por un sistema de vertederos o por orificios de salida abierta.

Su eficiencia se ve afectada por las condiciones de la superficie del agua y la viscosidad del petróleo. La succión flotante delantera es apropiada para trabajar en manchas confinadas. Los desperdicios tienden a tapar estas unidades con gran facilidad. Factor que debe tenerse presente al decidir el uso de éste equipo.

c) Desnatador con atrapador delantero tipo superficie absorbente.

Este tipo de desnatador arrastra su superficie absorbente a través de la mancha de petróleo adhiriendo éste a su vez; el petróleo es removido de la superficie absorbente por medio de rodillos exprimidores o por cuchillas limpiadoras.

7.2.2.2 Sistemas de bombeo

Las bombas y otros accesorios usados con los desnatadores tienen las siguientes características:

- De fácil transportación.
- Acoplamiento y desacoplamiento rápido de mangueras y otras conexiones.
- Bajo costo de mantenimiento, fácil limpieza y disposición de almacenamiento.
- Protección para las obstrucciones debidas a los escombros.

La selección del tipo de bomba es muy importante, una bomba centrífuga, puede trabajar grandes volúmenes de flujo, el cual puede ser requerido para remover manchas de varios grosores. La desventaja de este tipo de bombas es que suministran un exceso de energía de mezcla produciéndose una emulsión agua-petróleo, difícil de lograr una separación satisfactoria en el separador.

Las bombas de desplazamiento positivo tales como los de diafragmas o bombas de pistón, no pueden trabajar grandes cantidades de flujo, pero no mezclan o emulsifican la mezcla agua-petróleo y la eficiencia del equipo separador aumenta satisfactoriamente.

La elección de la bomba depende del flujo volumétrico del agua requerido, la medida del separador disponible aceite-agua y la cantidad esperada, así como el mantenimiento disponible.. La principal falla del desnatador en operación es debido al fallo del sistema de bombeo.

7.2.2.3 Separador de petróleo-agua

El petróleo recuperado es una emulsión petróleo-agua. En el tratamiento de una emulsión lo que se busca es romper la capa de agentes emulsificantes que cubren las gotas de agua y activar el movimiento de estas gotas para promover su unión y formar gotas cada vez mayores que precipiten más rápidamente por la acción de la gravedad, lo cual se conoce como fenómeno de coalescencia y se puede decir que el proceso de separación agua-aceite está regido por la ley de Stokes.

Lo que se busca en los procesos de deshidratación, es aumentar eficientemente la velocidad de asentamiento de las partículas.

7.3 Procesos de limpieza

La naturaleza es a menudo el mejor agente limpiador. El método más elemental de limpieza en suelo está en el uso de rastrillos, palas y trabajo manual.

Si la penetración del petróleo dentro de la arena es menor de 0.05 mts., el petróleo no está fluyendo hacia abajo y puede ser recolectado en cuadros de

aproximadamente un 0.30 mts. Y atraparlos con palas para ser puestas dentro de un cargador o hacer montones en un lugar seleccionado.

Si el petróleo no es suficientemente atacado por el medio ambiente para hacerlo viscoso, pues de esta manera se hace más manejable a través de la aplicación de spreado de agua fría, por una regadera de jardín o una manguera contra incendio.

Si la contaminación del suelo es mucho más intensa, entonces se debe usar equipo mecánico como raspadores con elevador delantero.

7.3.1 Tratamientos con agentes químicos

Una técnica más para controlar y eliminar los estragos de un derrame petrolero son los agentes químicos, deben ser utilizados con precaución, ya que pueden provocar una contaminación superior a parte de la que provoca el petróleo. Existen diferentes tipos de agentes:

- Dispersantes.
- Hundidores.
- Gelantes.
- Absorbentes.

7.3.1.1 Dispersantes

Tienen la habilidad para reducir la tensión interfacial entre el petróleo y el agua provocando la expansión del petróleo fuera de la mancha, sobre una gran superficie, aunque dicho fenómeno puede ocurrir naturalmente, la adición de estos agentes provoca una aceleración en la dispersión, incrementando la velocidad de oxidación y bio-degradación del petróleo.

Existe una gran variedad de productos comerciales disponibles para usarse como dispersantes del petróleo en la superficie del agua. Entre ellos se encuentran jabones, detergentes, alcoholes, desengrasadores, emulsificadores, dispersantes.

Los principales componentes de los dispersantes son: tensoactivos, solventes y estabilizadores.

Los tensoactivos alteran la interacción entre el petróleo y el agua, el petróleo tiende a extenderse y puede ser más fácilmente dispersado formando pequeñas burbujas conocidas comúnmente como emulsión.

La mayoría de los agentes tensoactivos, que suelen utilizarse en los derrames petroleros, son compuestos muy viscosos o materiales sólidos. Por lo que se recurre a la utilización de solventes, pues reducen la viscosidad facilitando las operaciones, actúa como diluyente, este compuesto se añade por razones económicas, pues abate el punto de congelación por la baja temperatura en algunos casos, y logra la concentración óptima del tensoactivo. La presencia de un

solvente también sirve para adelgazar el petróleo y pueda ser dispersado, reduciendo la viscosidad y lograr más fácilmente la emulsificación; los solventes más utilizados son hidrocarburos, alcoholes, agua.

Los aditivos estabilizadores son el tercer componente de los dispersantes y se usan para ajustar el pH, inhibir la corrosión, incrementar la estabilidad del agua, fijar la emulsión una vez que está formada y ajustar el color y apariencia.

Los dispersantes tienen la ventaja de ser un método rápido de limpieza, pero la desventaja de correr el riesgo de aumentar la toxicidad en el medio ambiente. Por eso es igualmente importante evaluar la efectividad del dispersante así como su toxicidad.

7.3.1.2 Agentes hundidores

Los agentes hundidores son material granulado fino, con características absorbentes, que atraen el petróleo y repelen el agua, son fabricados para hundir la mancha del petróleo, lo cual es mejor que tener el petróleo aglomerado en la superficie del agua.

También existe el hundimiento natural, se ha observado que el petróleo no permanece flotando para siempre, sino que es absorbido naturalmente dentro de la capa arcillosa, sedimentos o algún otro material que flota en el agua, causando hundimiento a través del tiempo.

Para llevar a cabo un hundimiento efectivo del petróleo existe una gran variedad de materiales naturales y productos comerciales como son arena, estuco, aglomerados de carbón, caolín, cemento, cal apagada, cal agotada de la industria curtidora, cera-arena, grava, tierra y carbonato de calcio entre otros.

7.3.1.3 Agentes gelantes

Como su nombre lo indica, éstos agentes químicos incrementan la viscosidad de la mancha de petróleo limitando así su esparcimiento.

Los agentes gelantes son aplicados por un sistema de esparcido a alta presión sobre la superficie de la mancha de petróleo flotante; se absorben, coagulan, atrapan, fijan o hacen la masa de petróleo más rígida o viscosa, al grado que facilitan su arrastre mecánico o físico.

Dentro de las ventajas de usar agentes gelantes se encuentra que no afectan la ecología, es muy simple su aplicación y tienen bajo costo en materiales, la desventaja es que es muy laboriosa la recolección de las masas de petróleo.

7.3.1.4 Agentes absorbentes

Son limpiadores cuya función es absorber el petróleo. Aglomeran el petróleo de un derrame ayudando a que no se extienda más, también es práctico para eliminar el remanente después de haber usado desnatadores, generalmente son baratos, no tóxicos y facilitan el trabajo de las barreras y se dividen generalmente en tres clases:

- Naturales: paja, heno, algas marinas, corteza de árboles, aserrín, musgo pantano, arcilla, tierra de batán, caolín, silicatos como piedra pómez y asbestos, algunos absorbentes provenientes de origen animal como; lana de desecho, plumas.
- Naturales tratados químicamente: Comprenden la mayoría de los absorbentes mencionados anteriormente solo que son químicamente tratados para mejorar su absorbencia.
- Sintéticos: productos plásticos y de caucho.

Y por sus características físicas: productos en polvo, granulados y material fibroso, tablas u hojas de espuma sintética (Guerrero López,1985).

7.3.2 Combustión

Otra manera para eliminar el aceite del agua es quemarlo, esto depende del abastecimiento de la llama con el oxígeno suficiente y el calor adecuado. Se tiene que tener en cuenta el grosor de la mancha y en el enfriamiento que sufre por la masa de agua que la rodea, para evitar éste enfriamiento existen agentes que provocan la combustión y aíslan el petróleo de la masa fría en que se encuentra derramado tal como la espuma de poliuretano que ayuda a mantenerlo encendido.

Para quemar el petróleo en el suelo, suele utilizarse surtidores de flama, de oxígeno y varias mezclas de queroseno y gasolina, pero aún así tiende a apagarse.

Debe recurrirse a este método como último recurso y tener en cuenta todas las medidas de seguridad posibles, como son:

- El petróleo debe estar en un área despejada, de manera que no pueda extenderse a otros lugares.
- No debe hacerse en lugares habitados o boscosos, pues podría extenderse el fuego y ser catastrófico.
- Conocer muy bien la composición del petróleo a quemar y así como su potencial de explosión y así prever la distancia mínima de seguridad para el personal que opera la limpieza también se deben tener en cuenta las condiciones ambientales sobre todo la velocidad y dirección de los vientos, ya que estas condiciones colaboraría a que el fuego se extendiera y como consecuencia se tendrían mayores problemas de los que representa tener petróleo derramado.

Una de las desventajas del quemado es la contaminación del aire, de igual manera representa un gran riesgo, puede ser conveniente quemarlo si el petróleo se encuentra en agua abierta, siempre y cuando pueda controlarse el fuego.

7.3.3 Limpieza de petróleos ligeros

Si el petróleo es ligero, su penetración en la arena es rápida, sin embargo puede aprovecharse al máximo las propiedades de éste y favorecer la evaporación removiendo la arena con rastrillos o palas mecánicas para exponerlas al sol y al viento.

También puede esparcirse paja sobre la arena contaminada para absorber la mayor cantidad de petróleo, seguida de limpiarla con rastrillos o palas mecánicas y el remanente dispersarlo para favorecer su evaporación.

7.4 Disposición del petróleo recuperado

Mientras se realice la limpieza, si el petróleo no es contaminado con cantidades significativas de agua o desechos, puede colocarse en un banco de almacenamiento de petróleo crudo para facilidades de manejo en su arena. Si por el contrario el petróleo recuperado es una mezcla de aceite-agua, puede ser enviado a tanques establecidos para esta recuperación y puede ser removido por una refinación. Y si lo recuperado resulta muy viscoso, se puede utilizar después de un análisis apropiado y verificando su falta de toxicidad, en pavimento de caminos.

Enterrarlo es otro método rápido de disponer de un derrame de aceite. Este hecho está muy lejos de eliminar el problema, pues el petróleo puede sufrir migraciones de lugar, también puede contaminar el agua del mismo y eventualmente migrar a la superficie.

El método preferido de disposición, donde es posible, es permitir la biodegradación en el lugar. Este proceso puede ser acelerado por cantidades pequeñas de semillas y fertilizantes.

También es muy socorrido utilizar el petróleo recuperado, pero contaminado con desechos vegetales, para arropado de suelos, de zonas áridas y semiáridas pues favorece la humedad de los mismos, solo debe tenerse cuidado que no sea tóxica y presente la bio-degradación necesaria.

7.5 Restauración del lugar donde hubo un derrame de crudo

Cada derrame de aceite es único, tanto como cada proyecto de restauración. No hay ninguna receta o grupo de recetas que pueda ser efectivamente usadas para manejar estas situaciones, cada caso debe ser analizado separadamente.

Para realizar un programa de restauración deben tenerse presentes los siguientes pasos:

- Investigación histórica: Examen de todas las características relevantes de los derrames, incluyendo condiciones bajo las cuales ha ocurrido el derrame y hasta donde se encarga su limpieza.
- Visita del sitio: Esta es la segunda etapa del proyecto de rehabilitación, la visita al sitio tiene por objeto ver la topografía y la vegetación del área. Las fotos aéreas son usadas en la determinación de la extensión del desastre y para obtener una vista general del sitio.

- Muestras de suelo: Es necesario programar un muestreo del suelo para determinar la concentración tanto en forma vertical como lateral de la extensión de la contaminación. Añadiendo a esto propiedades del suelo tales como pH, textura, salinidad, actividad biológica, estado de los nutrientes, etc., que pueden ser medidos.
- Hidrología y drenajes: Estos son factores importantes que no deben perderse de vista en el proyecto de restauración. Pueden ser examinados usando mapas topográficos o buenas fotos aéreas. Los sistemas de aguas subterráneas, tanto local como regional pueden ser puestos en cartas hidráulicas.
- Área de control: Teniendo un conocimiento del control de áreas no contaminadas aledañas con tipo de suelos similares, pendientes y otras características, cerca del sitio de estudio para propósitos de comparación.

7.6 Características del Personal de respuesta ante un derrame petrolero

Las primeras horas de cualquier derrame son probablemente las más críticas, para evitar un mayor desastre, es necesario localizar y eliminar el origen del derrame tan rápido como sea posible. Esto es tan importante como una buena coordinación para empezar las operaciones de limpieza sin demora.

En el orden de llevar a cabo estos objetivos, está el éxito de la operación, se necesita personal adiestrado y equipo de emergencia para ponerse en acción en el momento en que ocurra el derrame.

El personal de respuesta al derrame es un grupo multifacético armado individualmente con planes de contingencia específicos para su área. Cada uno de ellos cuenta con un Coordinador General, existen también supervisores para vigilar las facetas específicas de la operación.

Cuando se selecciona el personal para el equipo de respuesta se selecciona también las alternativas para cada posición. La comunicación efectiva durante un derrame petrolero es esencial para la eficiencia de la operación. Se necesitan varias líneas telefónicas reservándose una o dos para uso exclusivo de coordinadores y supervisores de área ya que estos deben mantener estrecha comunicación con el coordinador general, se debe auxiliar también con equipo de radio-comunicación y vehículos ya que éstos son necesarios para la localización de los miembros del equipo en su lugar de trabajo. El centro de control será un punto focal en este sistema de comunicación.

7.7 Vigilancia de los derrames

La vigilancia de los derrames, detección, reporte y huellas con reguladas con procedimientos y acciones legales mediante leyes adecuadas, para todas aquellas operaciones que tienen la probabilidad de sufrir un derrame potencial.

Para llevar a cabo estas regulaciones sobre los derrames, se hace uso de toda la información disponible y experiencia adquirida en las operaciones de contención y removimiento del petróleo de derrames anteriores.

Es esencial descubrir un derrame a tiempo, y empezar cuanto antes con las operaciones de limpieza, actualmente se cuenta con equipos capaz de detectar un derrame a grandes distancias y con costos bajos de operación, éstos equipos son montados en aeroplanos, plataformas o terminales petroleras para detectar rápidamente los derrames, los aeroplanos sobrevuelan sobre todas aquellas áreas donde puede existir un derrame.

Entre los sistemas que detectan petróleo a grandes distancias podemos citar los registradores electromecánicos que operan desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, y varios sistemas de radar para detectar casi cualquier derrame independientemente de su origen.

Algunos sensibilizadores remotos pueden detectar el petróleo en el agua de día o de noche en condiciones variadas de tiempo, estos instrumentos además de reconocer los derrames dan la alarma al personal de guardia para que entre en acción.

7.8 Planes de contingencia en México para la intervención en derrames petroleros

El Plan Nacional de Contingencias para Combatir y Controlar Derrame de Hidrocarburos u otras sustancias Nocivas en el Mar, fue publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de abril de 1981, por lo que se estableció que el propio plan será de carácter permanente y de interés social aplicable a las áreas cuya soberanía corresponde a la Nación, de acuerdo a la ley.

7.8.1 Objetivos del Plan Nacional de Contingencia

Establecer una organización con un mando unificado para llevar a cabo planes de acción, por el combate y control del cualquier tipo de contaminación provocada por derrame de hidrocarburos.

Establecer los mecanismos de coordinación necesaria entre las dependencias Federales, Estatales, Municipales, Privadas y población en general, para llevar a cabo en forma efectiva el Plan mencionado.

Aplicar y conocer los recursos legales, nacionales e internacionales vigentes. Establecer las bases técnicas para que la comisión intersecretarial de saneamiento ambiental proponga lo conducente, a fin de legislar lo propuesto en el presente plan.

Establecer los mecanismos necesarios a fin de canalizar las erogaciones que por concepto de gastos se efectúan, tramitando ante las Secretarías de Estado

correspondientes, la adquisición programada de material y formando un fondo especial para cubrir los gastos propios que una contingencia ocasionaría.

La organización del Plan Nacional de Contingencia se estructura como una rama ejecutiva y operacional, en función de las responsabilidades específicas correspondientes a nivel Nacional, regional o local, quedando escalonadas en el siguiente orden: Local-Regional-Nacional.

El consejo técnico del Plan Nacional es de carácter permanente y está integrado por el Comandante General de la Armada, como presidente del Consejo, y un grupo de funcionarios designados por las dependencias gubernamentales, cuya condición de expertos y/o control de recursos los pone en posición de aportar una contribución eficaz a las operaciones y control de contaminación en el mar.

Petróleos Mexicanos, cumple con el decreto antes mencionado, elaborando su Plan Interno de Contingencia de Petróleos Mexicanos para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos en el mar.

La médula de este plan interno es poder atacar un derrame de hidrocarburos en forma institucional, es decir, con el apoyo que todas las ramas operativas, tanto en recursos humanos como técnicos y su objetivo es formar parte del Plan Nacional e integrar y coordinar con él, las acciones de respuesta inmediata.

Las etapas de acción son:

Etapas de acción:
Etapa 1 Aviso Emergente: Un caso de contaminación puede ser descubierto y notificado como resultado de las actividades regulares de vigilancia de la empresa contra la contaminación, por las autoridades locales y regionales, por la población civil en general, por los que operan las instalaciones petroleras o bien como resultado del informe de las personas que causaron el derrame.

Etapa 2 Información del derrame: El conocimiento oportuno del derrame, es fundamental para implementar el Plan Interno y movilizar los recursos necesarios para llevar a cabo las acciones de control y recolección de aceite. Se debe hacer notar que en cada caso las condiciones locales y las circunstancias adecuadas deben ser consideradas cuidadosamente antes de decidir un plan o procedimiento particular a seguir.

Etapa 3 Inspección y evaluación del derrame: Una vez que el Jefe de equipo de Respuesta tenga conocimiento de la existencia de algún derrame, procederá de inmediato a informar al coordinador del equipo de respuesta la existencia del mismo, así como la partida del encargado de la actividad de inspección del área en cuestión.

El encargado deberá hacer una evaluación de la magnitud del derrame, incluyendo; cantidad y tipo de contaminante derramado, su localización y afectaciones causadas por el incidente. Deberá informar también de la dirección y velocidad del desplazamiento aparente de la mancha, así como la cercanía de áreas especiales expuestas a un impacto ambiental por causa del derrame. Al

término de la inspección, el responsable procederá a informar al Jefe Local del Equipo de Respuesta lo observado durante la inspección, y las posibles alternativas que pudieran tomarse para la contención del derrame.

Etapa 4 Confinación y medidas contra la difusión del contaminante: Cuando se presenta un derrame, inmediatamente se deberá implementar el Plan Nacional de Contingencia en lo que se refiere a las actividades de confinamiento y recolección de aceite en las masas de aguas, en forma paralela al desarrollo de actividades antes mencionadas para la limpieza, si el caso lo requiere.

Para llevar a cabo el confinamiento de aceite, se requiere de la utilización de barreras flotantes y material complementario. Para la ubicación de estas barreras en el lugar del derrame, el responsable de operación decidirá el punto o los puntos más adecuados, tomando en cuenta las condiciones meteorológicas del lugar en lo que se refiere a la dirección y velocidad de la corriente del agua, y deberá estar al pendiente de los cambios de ésta.

Etapa 5 Recuperación o Dispersión y Limpieza: La recolección de aceite es la operación inmediata posterior a su confinamiento, previa aprobación de autoridades superiores de Petróleos Mexicanos, se contratarán los servicios de abastecedores, chalanes, remolcadores, que se requieren para el transporte y colección de las barreras y equipos recolectores.

Estos equipos se instalarán en los frentes que sean necesarios, según el criterio del responsable, cada frente contará con supervisor, quien se encargará de dirigir y activar las operaciones de recuperación, y además llenar el formato de "Informe Recolección de Aceite Derrame" en el que abarca la información; fecha, lugar, cantidad recuperada, cantidad acumulable, comportamiento del equipo y dará sus observaciones especiales (Guerrero López, 1985).

7.9 Impacto Ambiental

La contaminación del petróleo, ocasionada al medio ambiente por el petróleo crudo puede dañar al medio ambiente por diferentes caminos:

- Matando directamente los organismos cubriéndolos o asfixiándolos.
- Matándolos directamente a través del contacto con organismos envenenados.
- Matándolos directamente a través de la exposición con los componentes tóxicos del petróleo solubles en agua.
- Destrucción de los recursos alimenticios de grandes especies.
- Destrucción de la mayoría de los organismos sensitivos en su forma juvenil.
- Incorporación de cantidades solubles de petróleo dentro de los organismos resultando una resistencia reducida a las infecciones y otras fuerzas (causa de la muerte de los pájaros que sobreviven a una exposición petrolera).
- Destrucción de valores alimenticios a través de la incorporación del petróleo dentro de los recursos pesqueros.

- Incorporación de carcinógenos dentro de las cadenas alimenticias marinas y recursos alimenticios humanos.
- Efectos de bajo nivel pueden interrumpir cualquiera de los numerosos eventos necesarios para la propagación de la especie marina y para la supervivencia de aquellas especies las cuales forman parte importante de la cadena de alimentos marinos.

7.10 Manejo de recortes y fluidos de perforación

Como se mencionó en capítulos anteriores los fluidos o lodo de perforación tienen un límite de vida el cual depende de la cantidad y el tamaño de los recortes suspendidos y que no puedan ser separados del fluido. Una vez que el fluido ha perdido sus propiedades es necesario reemplazarlo y deshacerse de él.

Por otro lado los recortes pasan también a ser un desecho más, generado por la perforación, los cuales son removidos del lodo con la finalidad de darle mayor tiempo de vida a este, hasta que se torna imposible por medios físicos. Una de las maneras más comunes en cuanto a manejo de este tipo de desechos es la inyección en formaciones receptoras, este es un proceso donde los recortes de perforación se recolectan y transportan a un sistema que los organiza, mezcla, clasifica y acondiciona convirtiéndolos en una mezcla bombeable, la cual se inyecta a un yacimiento (formación receptora), localizada debajo de un estrato impermeable, con capacidad de almacenamiento y buena porosidad, que no permita el flujo, para asegurar su eliminación total y evitar la posibilidad de contaminar el ambiente.

Con el fin de prevenir cualquier tipo de afectación al suelo y a los acuíferos, resulta necesario establecer medidas adecuadas para la inyección de los recortes de perforación.

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-153-SEMARNAT-2006 la formación receptora se debe localizar debajo de un estrato impermeable, el cual no permita el paso de un fluido (ya sea agua o hidrocarburo); este tipo de estrato debe tener capacidad de almacenamiento (buena porosidad, con poros que no permitan el flujo).

Los recortes impregnados con fluidos de perforación base aceite resultantes de la perforación o mantenimiento de los pozos, deben someterse a un proceso de separación entre el recorte y el fluido en el sitio de su generación (pozo petrolero), en un equipo denominado hidrociclón, hasta obtener recortes cuya impregnación de aceite no sea mayor del 20%.

La emulsión de inyección debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Densidad: 1.40 g/cc
- Viscosidad Marsh: 60-100 segundos
- Contenido de sólidos: 10-25% volumen

- Tamaño de partícula: 150 micrones

Para la elaboración de la emulsión de inyección sólo se utilizarán aguas tratadas o congénitas y agua de mar.

Otro método menos utilizado pero no por ello menos importante es la Desorción Térmica, este consiste en el traslado de los recortes hasta una planta de tratamiento, donde los recortes húmedos son almacenados en una fosa de concreto con una concentración de aceite promedio del 20%; estos recortes alimentan a una centrifuga vertical, de donde se extrae una gran cantidad de lodo.

El sólido separado con una concentración de aceite promedio de 8% es utilizado para alimentar la unidad térmica. La centrifuga vertical es dosificada utilizando un tornillo transportador, lo cual permite que el volumen de sólidos sea de alrededor de 10 toneladas por hora. Los líquidos separados por la centrifuga vertical vienen con un alto porcentaje de sólidos finos. A este lodo se le agrega diesel para disminuir la viscosidad y se pasa por un equipo de control de sólidos hasta obtener un lodo con densidad promedio de 1.15 gr/cc y baja concentración de sólidos finos. Luego este sólido recuperado es enviado a las plantas de lodos para ser reacondicionado y enviado de nuevo a los pozos.

Los recortes ya procesados por el Verti-G son transportados a una tolva de alimentación para luego ser compactados a través de un juego de bandas, las cuales permiten que el recorte húmedo y listo para ser tratado, forme fracturas, las que permiten que el aire caliente pase entre ellas, dándole permeabilidad a la cama de recortes colocadas sobre la bandeja.

Los recortes después de ser compactados son depositados en bandejas especiales de acero. Una planta de desorción térmica cuenta con cámaras de extracción en el sistema compuestas por quemadores de gas propano las calienta hasta alcanzar los 650°F.

Una vez que los vapores son condensados y se tienen en forma líquida, son bombeados hacia un tanque separador de aceite-agua, el aceite que es recuperado es utilizado para la preparación del lodo, haciendo de esto un producto que es procesado, reciclado o reutilizado, mientras que el agua que se recupera a la vez es utilizada para tratar terrenos arenosos, mientras que los recortes son dispuestos para relleno sanitario. (Sánchez Díaz, 2011).

En el caso de los fluidos de perforación según la ley vigente NOM-115-SEMARNAT-2003 indica que los fluidos deben de almacenarse en recipientes con tapa hermética, así como cualquier derrame debe ser informado.

Una vez terminados los trabajos de perforación en la localización, el tratamiento que siguen los fluidos de perforación debe llevar una disposición ambientalmente segura, en el mercado existen una gran cantidad de empresas que aplican diferentes métodos para tratar los fluidos de perforación.

Los métodos de tratamiento son medidas preparatorias que se toman antes de la disposición y almacenamiento de desechos, estas opciones tienen como objetivo:

- Reducir el peligro del desecho.
- Minimizar el volumen del desecho.
- Cambiar su estado de tal manera que sea adecuado para una opción de disposición en particular.

Los métodos para el tratado de los fluidos de perforación son:

- Centrifugado.

El centrifugado utiliza una centrifuga para retirar los líquidos de un desecho fangoso. Los sólidos extraídos se eliminan del mismo modo que los recortes de perforación.

- Compactado-triturado.

Estos son procesos de reducción de volumen efectivo.

- Desaguado.

El desaguado es simplemente la separación del componente líquido, el componente solido resultante requerirá un mayor tratamiento.

Los métodos para desaguar incluyen filtración mecánica, centrifugas y pozos decantadores.

- Secado.

Este es un proceso similar al desaguado, salvo que en este caso el componente líquido se evapora.

- Neutralización.

Este método corresponde cuando los desechos líquidos que contienen los sólidos son de pH demasiado ácido o alcalino, es por esto que debe neutralizarse antes de ser eliminado.

Los materiales resultantes son adecuados para el relleno, mientras que los líquidos son aptos para inyección en pozos.

- Biorecuperación.

La Biorecuperación abarca una cantidad de métodos que utilizan la actividad de micro organismos que absorben contaminantes presentes en los entes contaminados.

7.11 Minimización de desechos

Los desechos de la perforación generalmente contienen sustancias que podrían contaminar el medio. Muchos de estos desechos deben tratarse para reducir su toxicidad antes de su disposición.

El tratamiento y disposición de un desecho luego de su generación debe satisfacer las normas ambientales, pero no es necesariamente la mejor manera de manipularlo según Sánchez Díaz una alternativa más efectiva de minimizar el desecho en el origen es utilizando las 4 Rs, las cuales reducen o eliminan la cantidad de residuos de desechos finales que requieren ser eliminados.

- Reducir: La reducción en la fuente, generalmente, es el enfoque más efectivo en la reducción de desechos.
- Reutilizar: Si se produce un desecho, se debe realizar todo esfuerzo para reutilizarlo si resulta práctico.
- Reciclar: Resulta importante recordar que a pesar de que el reciclado ayuda a conservar recursos y reduce desechos, existen costos económicos y ambientales asociados con los procesos de recolección y reciclado. Es por ello que solo se debe considerar el reciclado para el caso de desechos que no pueden ser reducidos ni vueltos a utilizar.
- Recuperar: Se pueden recuperar materiales o energía de desechos que no pueden reducirse, reutilizarse ni reciclarse.

Existen muchas maneras para minimizar los daños que ocasiona al medio ambiente el proceso de perforación, desde la parte exploratoria hasta el manejo de residuos que esta genera, así como los derrames, pero más importante que remediar es prevenir.

CONCLUSIONES.

A lo largo de los capítulos anteriores, es posible ver el tipo de ecosistema tan grande que conforman los humedales en el Estado de Tabasco, así como las funciones que desarrollan, y sus beneficios a varios niveles, desde drenajes naturales hasta atractivos turísticos, esto sin mencionar la importancia que genera económicamente con la industria petrolera.

Es necesario mencionar que existe una legislación bastante amplia, la cual aplica para el cuidado de estos ecosistemas, para evitar que sean destruidos, para ser restituidos, así como para que sean aprovechados. Desafortunadamente la legislación es poco conocida y para lograr frenar el deterioro de los humedales es de suma importancia apoyarse y utilizar como una herramienta primaria las leyes, normas y tratados. Bajo esta premisa, intentar desenvolverse, ya que el hecho de ignorar la ley no te exime de responsabilidades.

A nivel ingenieril vemos el desarrollo de nuevas tecnologías, las cuales marcan un hito, particularmente se abordó el tema de la perforación direccional, como una alternativa a la creación de nuevos desarrollos, ya que con el paso del tiempo se ha logrado alcanzar distancias cada vez más grandes, así como también es posible perforar cada vez mas pozos desde un mismo sitio.

Otra alternativa planteada fue la perforación desde barcazas, dada la diferencia de afectación que se genera comparada con los desarrollos en tierra; a su vez es sabido que es más barato perforar desde tierra, y es aquí de nuevo donde se nota el factor económico. La idea es que coexistan la ecología con la economía, y así crear un nivel donde ambas tengan la misma importancia; el balance que puede lograr ese equilibrio se encuentra tanto en la conciencia como en la tecnología.

No solo es posible contaminar al desarrollar un campo, también puede ocasionar un grave daño la fuga o derramamiento de lodos de perforación, agua congénita o el mismo hidrocarburo. Es por eso que se disponen de varias maneras para evitar y remediar estas filtraciones, que de nuevo nos remontan a la parte legislativa y la parte tecnológica, con lo cual podemos notar la correlación que existe entre ambas y como no podemos dejar de lado ninguna de estas.

Otro problema que es sumamente tratable son los recortes de perforación, dada la cantidad de métodos que existen para manejarlos, al final el problema de la contaminación por recortes debería ser controlado en su totalidad, dada la facilidad de su tratamiento.

Finalmente la industria petrolera sigue siendo un negocio, en el cual la conciencia ha sido muy pobre pero que poco a poco va mostrando signos de avance a nivel ambiental. Es increíble la cantidad de contaminación que se puede generar al desarrollar un campo, pero a su vez si se siguen exactamente las leyes también se vuelve increíble que tanto es posible minimizar esa polución.

Es importante concientizarse y a la vez a la población dedicada a este negocio, de tal manera que en un futuro próximo podamos pasar a la historia como una generación que generó un cambio en la forma de trabajar en la industria petrolera.

BIBLIOGRAFÍA

- Adams R.H., Domínguez V., García L. Potencial de la biorremediación del suelo y agua impactados por petróleo en el trópico mexicano. 1999.
- Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.
- Baker Hughes INTEQ Training & Development, Drilling Engineering Workbook a Distributed Learning Course, 1995.
- Bill M. Oilwell Drilling Engineering, Handbook & Computer Programs, USA Library of Congress, tenth edition, 1995.
- Botello A.V. Características composición y propiedades fisicoquímicas del petróleo. En: Golfo de México Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. 2005.
- Bravo E. Los Impactos de la Explotación Petrolera en Ecosistemas Tropicales y la Biodiversidad, 2007.
- Burgoyne A. Jr. Applied Drilling Engineering, Society of Petroleum Engineers, 1991.
- Características eco-geográficas del Estado de Tabasco.
<http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/tab/geolo.cfm?c=44&e=02> INEGI.
- Computalog Drilling Services. Directional Drilling I, Training Curriculum.
- Convención Ramsar, <http://www.ramsar.org>.
- Cortés Cortés A. “El Negocio de la Perforación y Mantenimiento de Pozos”, Elementos de Perforación, UNAM, 2009.
- Cortés Cortés A. “Origen del Petróleo Y Evolución de la Perforación”, Elementos de Perforación, UNAM, 2009.

- Cortés Cortés A. “Planeación y Diseño de la Perforación”, Elementos de Perforación, UNAM, 2009.
- Del Águila Figueroa B. Tabasco en la Geografía y la Historia, Consejo Editorial del Gobierno del Estado de Tabasco, 1980.
- Dent D.L. Reclamation of acid sulfate soils. En: Soil restoration. (R. Lal, B.A. Stewart, Eds). Springer Verlag 1992.
- Enriquez Guadarrama C. (1997). Geomorfología e impacto ambiental en la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. Tesis Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.
- Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar, 1995.
- García-López E., Zavala-Cruz J. y Palma-López D. Caracterización de las comunidades vegetales en un área afectada por derrames de hidrocarburos. 2006.
- Gatlin C. Petroleum Engineering Drilling and Well Completions, Prentice-Hall, Inc. 1960.
- Guerrero López A. Derrames Petroleros, estrategias, técnicas e impacto ambiental, 1985.
- Hidrografía del estado de Tabasco. <http://www.tabasco.gob.mx/estado/geo-hidrografia.php> Gobierno del Estado de Tabasco 2007 - 2012.
- Holmboe N., Kristensen E. y Andersen F.O. Anoxic decomposition in sediments from a tropical mangrove forest and the temperate wadden sea: implications of N and P additions. Estuar. Cost. Shelf S. 2001.
- Instituto Mexicano del Petróleo, “Plan Interno de Contingencias de Petróleos Mexicanos para combatir y controlar derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas en el mar”.
- Jennerjahn T.C. y Ittekkot V. Relevance of mangroves for the production and deposition of organic matter along tropical continental margins. 2002.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente.

- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Lewis R.R. Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests. 2005.
- López–Portillo J., Ezcurra E. Los manglares de México: Una revisión. Madera y Bosques. Número especial. 2002.
- Lot, H.; A. y A. Novelo. 1988. El Pantano de Tabasco y Campeche, la Reserva más Grande de plantas acuáticas de Mesoamérica. Conservación del Delta de los Ríos Usumacinta y Grijalva. INIREB. División Regional Tabasco. Gob. del Estado.
- Manual Schlumberger. Diseño de la Perforación de Pozos, 2004.
- Manual Schlumberger Drilling School, 2004.
- Manzanilla Vargas C. (2010). Análisis al programa de sensibilización ambiental del centro de interpretación Uyotot Ja'. Tesis, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.
- Manzano Bonilla O. (1989). Estudio Geomorfológico para la zonificación de las áreas de manejo de la Reserva de la Biosfera de los Pantanos de Centla, Tabasco. Tesis, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.
- Mitsch W.J. y Gosselink J. Wetlands. 2000.
- Moreno P., Rojas J., Zárate D., Ortiz M., Lara A. y Saavedra T. Diagnóstico de los manglares de Veracruz: distribución, vínculo con los recursos pesqueros y su problemática. Madera y Bosques. 2002.
- Mota Núñez R., Penalosa Torres L. (1984). Control de derrames accidentales de hidrocarburos en tierra firme y receptáculos acuosos. Tesis Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Neal J. Adams. Drilling Engineering, A complete Well Planning Approach, PennWell Books, 1985.

- Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-153-SEMARNAT-2006, Que establece las especificaciones ambientales para la inyección de recortes de perforación en formaciones receptoras.
- Norma Oficial Mexicana NOM-115-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y mantenimiento de pozos petroleros terrestres para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y eriales, fuera de áreas naturales protegidas o terrenos forestales.
- Norma Oficial Mexicana NOM-022-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones para la preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar.
- Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2005, Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana NOM-117-SEMARNAT-2006, Que establece las especificaciones de protección ambiental durante la instalación, mantenimiento mayor y abandono, de sistemas de conducción de hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso por ducto, que se realicen en derechos de vía existentes, ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.
- Norma Oficial Mexicana NOM-143-SEMARNAT-2003, Que establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos.
- Olguín Eugenia J. et al. Contaminación de Manglares por Hidrocarburos y Estrategias de Biorremediación, Fitorremediación y Restauración, 2007.
- “Petróleo en el Golfo” en “National Geographic en Español”. Volumen 27, Num 4, Octubre de 2010.
- Petróleos Mexicanos. Seguridad industrial y protección ambiental. Memoria de Labores 2007.
- Preston L. Moore. Drilling Practices Manual, Penn Well Books, 1986.

- Procuraduria Federal de Proteccion Ambiental, <http://www.profepa.gob.mx/>.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, <http://www.pnuma.org>. 1998- 2009.
- Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. México, SEMARNAP, 2000.
- Ramírez Chávez F. Desastres Relacionados con el Manejo de Hidrocarburos Medidas de Prevención, 1987.
- Reeves G. Understanding and monitoring hydrocarbons in water. 2005.
- Regiones hidrológicas de Tabasco. http://mapserver.inegi.org.mx/geografia/espanol/estados/tab/sombreado_ri.cfm?c=444&e=27 INEGI.
- Resumen Ejecutivo del Plan de Acción para Apoyar, en las Fases Operativas y Administrativas del Plan Nacional de Contingencias para Combatir y Controlar Derrames de Hidrocarburos y otras Sustancias Nocivas en el Mar, la Atención de las Consecuencias Ambientales del Potencial Ingreso a Territorio Nacional del Petróleo de la Plataforma “Deepwater Horizon” SEMARNAT 2010.
- Rivera Correa & Navarro Sánchez. Solución Informática a Pegaduras de Tuberías en la Perforación de Pozos Petroleros, 2010.
- Sánchez Díaz L. Seguridad Industrial y Proteccion Ambiental, “Impacto de los Fluidos de Perforación”, Universidad Veracruzana, 2011.
- Sánchez Salazar M. y Oropeza Orozco O. Atlas Regional del Istmo de Tehuantepec, “Industria petrolera y cambios territoriales en el marco de la globalización económica: el caso del Istmo de Tehuantepec”, Instituto de Geografía UNAM, 1999.
- Suprayogi B. y Murray F. A field experiment of the physical and chemical effects of two oils on mangroves. 1999.

- The Concept of the Ecosystem. University of Michigan “<http://www.globalchange.umich.edu/globalchange1/current/lectures/king/ecosystem/ecosystem.html>”
- West R.C; Psuty N.P. y B.G. Thom. Las tierras bajas de Tabasco en el sureste de México. Instituto de Cultura de Tabasco. 1985.