



ASOCIACION REGIONAL DE EMPRESAS DE PETROLEO
Y GAS NATURAL EN LATINOAMERICA Y EL CARIBE



***EVALUACIÓN Y
ADMINISTRACIÓN DE
RIESGOS DE
DERRAMES DE
HIDROCARBUROS***



Canadian International
Development Agency



GUÍA ARPEL

**EVALUACIÓN Y ADMINISTRACIÓN
DE RIESGOS DE
DERRAMES DE HIDROCARBUROS**

Autores

Jon Myles
Paul Wotherspoon

ARPEL, Octubre 1998

ARPEL

Guía de evaluación y administración de riesgos de derrames de hidrocarburos.

Guía # ARPELCIDA01CPGUI1998

Octubre 1998

ARPEL, Javier de Viana 2345, CP 11200 Montevideo - URUGUAY

Tel.: (598-2) 400 6993

Fax: (598-2) 400 9207

E-mail: arpel@adinet.com.uy

www.arpel.org

Autores

Estas Guías se prepararon a solicitud de ARPEL y de su Comité de Ambiente, Salud y Seguridad Industrial por:

Wotherspoon Environmental Inc. Counterspil Research Inc.

#750, 521 – 3rd Ave. S.W.

Calgary, Alberta - Canada T2P 3T3

Phone: 1 (403) 269 4351

Fax: 1 (403) 263 6999

E-mail: weinc@cadvision.com

#135 – 1305 Welch St.

North Vancouver, B.C. - Canada V7P 1B3

Phone: 1 (604) 990 6944

Fax: 1 (604) 990 6945

E-mail: crinvan@istar.ca

Los Consultores fueron asistidos para la redacción y revisión detallada, por el Grupo de Trabajo de Planes de Contingencias de ARPEL.

Revisión

Carlos Benavídes

Eddy Hernández Marrero

Juan Carlos Sánchez

Silvano Torres Xolio

Luiz A. Arroio

Darío March

Miguel Moyano

Oscar González

ECOPETROL

CUPET

PDVSA

PEMEX

PETROBRAS

PAN AMERICAN ENERGY

Secretaría General de ARPEL

Environmental Services Association of Alberta

Derechos de Autor

Por la presente ARPEL otorga al Usuario un derecho universal no exclusivo de usar este documento. Los derechos del Usuario no son transferibles. Este documento, ya sea en su totalidad o en partes, no se puede copiar, fotocopiar, reproducir, traducir, ni convertir a ninguna forma de lectura, ya sea electrónica o por medio mecánico, sin el consentimiento previo por escrito de ARPEL. El Usuario dará reconocimiento completo a ARPEL por ser la fuente de este documento.

Financiamiento

Este documento se preparó exclusivamente para la Fase 2 del Programa Ambiental de ARPEL. El Programa fue financiado por la Canadian International Development Agency (CIDA) y co-administrado por Environmental Services Association of Alberta (ESAA) y Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe (ARPEL).

Exoneración de Responsabilidad

Aunque se ha realizado todo el esfuerzo para asegurar la exactitud de la información contenida en esta publicación, ni ARPEL, ni ninguna de sus empresas, ni ESAA, ni ninguna de sus compañías integrantes, ni CIDA, ni los consultores, asumen responsabilidad por cualquier uso que se haga de la misma.

Tabla de Contenido

Introducción-----	1
¿En qué consiste el riesgo?-----	1
¿En qué consiste la evaluación de riesgos?-----	2
Evaluación de riesgos y preparación ante derrames de hidrocarburos-----	4
1er Paso: Planificar la evaluación de riesgos-----	7
1er Paso (a): Identificar los objetivos-----	8
1er Paso (b): Identificar las operaciones-----	10
1er Paso (c): Identificar las consecuencias-----	11
1er Paso (d): Organizar el equipo técnico de evaluación de riesgos-----	12
1er Paso: Revisión-----	13
2o Paso: Analizar los peligros: identificar y describir los escenarios de derrames-----	15
2o Paso (a): Revisar los datos de accidentes y de derrames de hidrocarburos-----	17
2o Paso (b): Agrupar los incidentes de derrames-----	22
2o Paso: Revisión-----	23
3er Paso: Analizar las probabilidades-----	25
3er Paso (a): Estimar las probabilidades de un incidente de manera cualitativa-----	26
3er Paso (b): Estimar la probabilidad de manera cualitativa-----	33
3er Paso (c): Asignar un valor de probabilidad-----	36
3er Paso: Revisión-----	37
4o Paso: Analizar las consecuencias-----	39
4o Paso (a): Identificar las trayectorias principales-----	41
4o Paso (b): Analizar el transporte y el destino-----	42
4o Paso (c): Identificar los principales receptores-----	44
4o Paso (d): Medir o estimar los efectos adversos-----	46
4o Paso (e): Determinar un valor de consecuencia-----	47
4o Paso: Revisión-----	48
5o Paso: Caracterizar el riesgo-----	49
5o Paso: Revisión-----	50
6o Paso: Administrar los riesgos-----	51
6o Paso (a): Reducir la probabilidad de incidentes-----	52
6o Paso (b): Disminuir las consecuencias de los incidentes-----	53
6o Paso: Revisión-----	55
Estudio de caso-----	56
Anexo 1.0: Ejemplo de una lista de verificación del equipo técnico de evaluación de riesgos-----	A1

Anexo 2.0: Bases de datos seleccionados disponibles al público -----	A2
Anexo 3.0: Métodos alternativos de análisis de riesgos-----	A3
Escenarios de tipo ¿qué pasaría si? -----	A3
Análisis de la operabilidad de peligros-----	A5
Análisis de árbol de acontecimientos / árbol de fallas -----	A6
Análisis de modalidad y efectos de fallas -----	A8
Anexo 4.0: Ejemplo de un índice para evaluar las contramedidas -----	A9
Anexo 5.0: Ejemplos de listas de verificación de factores que afectan la probabilidad de derrames de hidrocarburos -----	A10
Oleoductos en tierra-----	A10
Tanques subterráneos-----	A11
Pozos de bombeo en tierra-----	A12
Instalaciones de producción-----	A13
Anexo 6.0: Ejemplo de una lista de verificación utilizada por empresas financieras y aseguradoras -----	A14
Anexo 7.0: Ejemplo de un índice de vulnerabilidad/sensibilidad -----	A15
Referencias -----	A16
Guías/Informes de ARPEL -----	A19

Lista de Tablas

Tabla 1 Estimaciones de frecuencia seleccionadas para derrames de hidrocarburos -----30

Lista de Figuras

Figura 1 Marco de evaluación y administración de riesgos ----- 5

Figura 2A Causas principales de derrames costa afuera----- 17

Figura 2B Derrames costa afuera por tamaño ----- 18

Figura 2C Causas de grandes derrames costa afuera ----- 18

Figura 2D Fuentes de derrames costeros ----- 19

Figura 2E Fuentes de derrames en aguas continentales----- 19

Figura 2F Derrames costeros por tamaño----- 20

Figura 2G Fuentes de derrames en tierra ----- 20

Figura 2H Causas de derrames de oleoductos en el litoral ----- 21

Introducción

La presente guía ofrece un marco para realizar evaluaciones de riesgos de derrames de hidrocarburos utilizando diversos enfoques que, por el hecho de ser consistentes, permite la comparación entre ellos.

El marco para realizar una evaluación de riesgos por lo general consiste en cinco pasos:

- 1er Paso:** Planificar la evaluación de riesgos.
- 2o Paso:** Analizar los peligros: identificar y describir los escenarios de derrame de hidrocarburos.
- 3er Paso:** Analizar la probabilidad de los escenarios de derrame.
- 4o Paso:** Analizar las consecuencias de los escenarios de derrame.
- 5o Paso:** Caracterizar los riesgos de los escenarios de derrame.
- 6o Paso:** Administrar los riesgos

Cada sección de esta guía detalla lo importante que es cada paso en el proceso global de la evaluación de riesgos. En los ejemplos se demuestra cómo utilizar los diferentes métodos para lograr el objetivo de cada paso.

En la figura 1 se ilustran los pasos claves de la guía para llevar a cabo una evaluación de riesgos ambientales. Si bien la guía está redactada para abordar los riesgos de un derrame de hidrocarburos, las técnicas que se utilizan también pueden ser aplicadas a otros tipos de evaluación de riesgos ambientales.

¿En qué consiste el riesgo?

El significado de riesgo varía según la organización o el individuo.

Podría definirse como la posibilidad de que ocurra un acontecimiento y los posibles efectos adversos que inciden en las personas, los animales, la propiedad, las instalaciones y en el medio ambiente. En otras palabras, el riesgo está en función de la probabilidad de que ocurra un incidente y las consecuencias de éste.

Riesgo = Probabilidad + Consecuencias

A continuación se presentan algunos ejemplos que resultan útiles para ilustrar esta definición de riesgo:

Ejemplos

Un estudio realizado por la industria petrolera investigó una ruta de tanqueros y llegó a la conclusión de que el riesgo de derrames de >10.000 bbls es de cada 110.000 bbls transportados. En este caso, el riesgo se definió en función de la probabilidad de que ocurriera un incidente de derrame de hidrocarburos sin que se evaluaran las consecuencias del acontecimiento. En este ejemplo, el riesgo se definió como:

Riesgo =
Probabilidad de que ocurra un
derrame

Otro estudio de riesgo diferente identificó el impacto de incidentes potenciales de derrames de hidrocarburos de gran envergadura (mayores de 100.000 bbls) en la geografía circundante como, por ejemplo, en los hábitats sensibles. En este caso, la evaluación de riesgos se basó en las consecuencias de los incidentes de derrames de hidrocarburos sin que se determinara la probabilidad de que realmente ocurriera un acontecimiento. En este ejemplo, el riesgo se definió como:

Riesgo =
Consecuencias de hidrocarburos
derramados

¿En qué consiste la evaluación de riesgos?

La evaluación de riesgos consiste en un marco sistemático que se utiliza para identificar y describir las fuentes y las causas de riesgo.

El propósito de una evaluación de riesgos es proveer información a los que toman las decisiones de manera tal que permita una comparación entre las alternativas de reducción de riesgos.

La evaluación de riesgos ayuda a contestar algunas preguntas claves:

- ¿Qué podría salir mal y por qué?
- ¿Qué probabilidad hay de que ocurran ciertos incidentes?
- ¿Cuáles y cuán serios serían los efectos?
- ¿Qué se podría hacer al respecto?

Una evaluación de riesgos no elimina el riesgo.

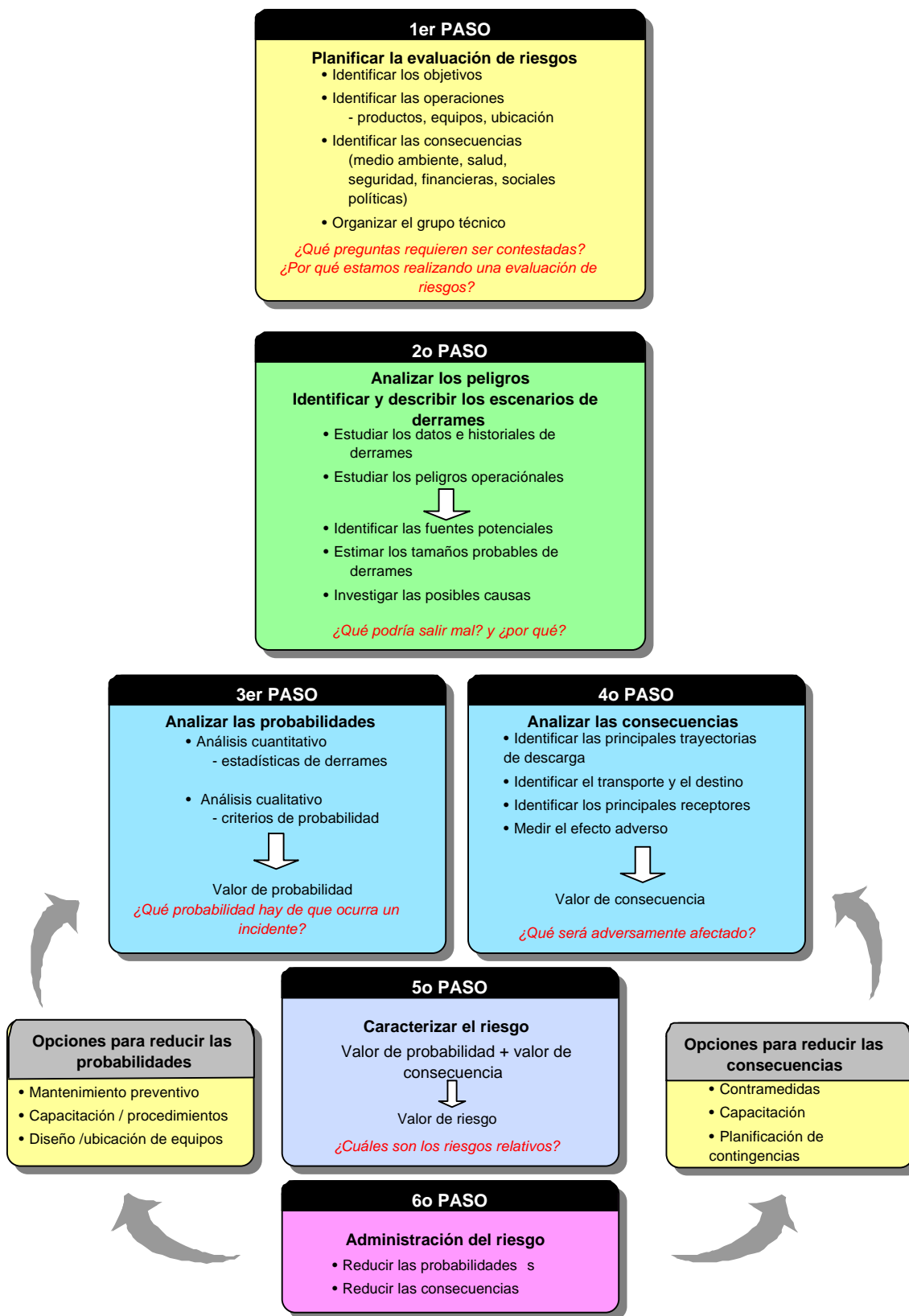
Evaluación de riesgos y preparación ante derrames de hidrocarburos

La evaluación y administración de riesgos constituye un proceso continuo en el cual se decide complementar la elaboración de planes de contingencia, el diseño de instalaciones o la reducción de incidentes. Las evaluaciones de riesgos pueden completarse previo a, o durante cualquier otro programa de administración de derrames de hidrocarburos.

El contar con una mejor comprensión de los factores que aumentan la frecuencia de los derrames de hidrocarburos y de los factores que aumentan las consecuencias de los derrames de hidrocarburos conlleva a una asignación más efectiva de los recursos para enfrentar los derrames de hidrocarburos.

Las evaluaciones de riesgos deben iniciarse como parte de la preparación para enfrentar los derrames de hidrocarburos a fin de asegurar que los planes de emergencia estén dirigidos hacia las fuentes de riesgo más altas. Los programas de capacitación y los equipos de contramedidas se pueden organizar sobre la base de un entendimiento de las consecuencias de mayor trascendencia. Los programas de mantenimiento diseñados para reducir los incidentes de derrames de hidrocarburos se pueden dirigir hacia las mayores fuentes potenciales de derrames.

Figura 1. Marco de evaluación y administración de riesgos



1er Paso: Planificar la evaluación de riesgos

1er PASO

Planificar la evaluación de riesgos

- Identificar los objetivos
- Identificar las operaciones
 - productos, equipos, ubicación
- Identificar las consecuencias (medio ambiente, salud, seguridad, financieras, sociales políticas)
- Organizar el grupo técnico

*¿Qué preguntas requieren ser contestadas?
¿Por qué estamos realizando una evaluación de riesgos?*

El propósito de la planificación previa a la evaluación es asegurar que el proceso de evaluación de riesgos sea factible y que cumpla con los objetivos de la administración de riesgos.

Las decisiones que se realizan durante las etapas iniciales de la evaluación de riesgos constituyen el mapa que guía el tamaño, la dirección y la complejidad del estudio.

Los siguientes pasos deberán ser abordados en la planificación de un estudio de evaluación de riesgos.

1er Paso (a): Identificar los objetivos

Las evaluaciones de riesgo pueden significar muchas cosas para muchas personas. Las mismas pueden estar dirigidas hacia la evaluación de diversos grupos de riesgos o bien hacia la cuantificación de una fuente de riesgos específica. Las evaluaciones pueden hacer uso de una gran variedad de datos, modelos y pericias para cuantificar los niveles aceptables de riesgo o bien pueden ser simplemente diseñadas para caracterizar las principales fuentes de riesgo.

El primer paso consiste en establecer los objetivos de la evaluación de riesgos. ¿Por qué se inicia la evaluación de riesgos? Estos objetivos pueden provenir de las estrategias corporativas para reducir el riesgo, de los objetivos comerciales, de las políticas de gestión ambiental o de seguridad o bien de las metas de operación. A continuación se indican algunos ejemplos por los cuales se puede completar una evaluación de riesgos:

- Mejorar el diseño a futuro de los equipos
- Reducir los incidentes potenciales que pueden surgir a partir de los equipos existentes mediante diseño o capacitación adicional
- Describir las fuentes de los riesgos a fin de que éstos puedan ser comunicados a los trabajadores, al público en general o al personal directivo superior.

Los objetivos deberán identificar claramente el propósito específico del estudio, incluyendo las preguntas que requieren ser contestadas y la manera en que se utilizará la información.

Ejemplos

La empresa National Pipelines Company está construyendo un nuevo oleoducto que transportará petróleo crudo por una extensión de 30 km hasta una instalación donde será procesado. El gerente de riesgos desea comparar el riesgo al público que representa cada tramo del oleoducto, lo cual asistirá en la ubicación de los mecanismos de control de descarga.

Objetivo

Identificar las ubicaciones claves para instalar las válvulas de cierre para emergencia

Un empresa de producción de petróleo desea evaluar los riesgos al público al medio ambiente y a los trabajadores que resultan de su operaciones de explotación, almacenamiento y transporte. Los resultados serán utilizados para asignar recursos financieros limitados a las áreas operativas.

Objetivo

Identificar las áreas operativas de alto riesgo

1er Paso (b): Identificar las operaciones

Definir claramente el tipo operaciones y el alcance de éstas y los equipos o los productos que serán incluidos o excluidos en la evaluación. Esta puede estar limitada a un sólo equipo, a una sola instalación o bien a la totalidad de operaciones de una empresa.

Una evaluación claramente definida (en cuanto a alcance) ayudará a limitar la complejidad del estudio y a la vez a cumplir con los objetivos. El alcance debe definir los límites específicos en áreas claves incluyendo, de manera enunciativa mas no limitativa:

- **Los productos**

El estudio puede incluir un sólo producto (petróleo) o todos los productos (petróleo, gas natural, productos químicos, aguas residuales).

- **El equipo**

Se pueden investigar diversos tipos de equipo (por ejemplo, tanques de almacenaje, buques de transporte, oleoductos). Una evaluación más centrada podría estudiar un equipo determinado (por ejemplo, tanques de almacenaje subterráneos).

- **Areas geográficas u operativas**

La evaluación podría definir el alcance aun más, a fin de incluir solamente aquellas zonas dentro de un área geográfica determinada, las cuales pueden ser definidas por límites políticos, operativos o logísticos. Por ejemplo, un estudio puede centrarse en un sólo terminal de distribución o bien en la totalidad de instalaciones de una empresa a lo largo de una zona costera. Se puede investigar el riesgo que representa todo un conjunto de instalaciones o simplemente el riesgo que representa un conjunto de tanques de almacenaje dentro de una misma instalación.

Se debe volver a los objetivos de la evaluación a fin de asegurar que el alcance refleja estos objetivos.

Ejemplo

La empresa National Pipeline Company está estableciendo el alcance de una evaluación de riesgos, la misma que evaluará los riesgos al público que representa un oleoducto propuesto. Se han fijado los siguientes límites en el alcance de la evaluación:

- *Productos: Petróleo crudo que contiene sulfuro de hidrógeno*
- *Equipo: Oleoducto de acero con un diámetro interno de 58 mm ubicado en la región de Monteverde*
- *Areas geográficas/operativas: Tramo del oleoducto con una extensión de 5 km entre San Carlos y la refinería Las Brisas*

1er Paso (c): Identificar las consecuencias

Identificar el tipo de consecuencias a ser incluidas en la evaluación, lo cual debe basarse en los objetivos expresados de la evaluación y en la capacidad de los recursos disponibles de medir aquellas consecuencias. A continuación se indican las categorías generales de consecuencias:

- **Ecológicas o ambientales**
Impacto a los suelos, las aguas, al aire y a los organismos vivos dentro de los ecosistemas.
- **Salud pública**
Localizaciones transitorias y fijas de público y poblaciones fuera de los límites de la instalación.
- **Seguridad en el trabajo**
Riesgos que atentan contra la seguridad de los empleados dentro de los límites de las instalaciones o de la compañía.
- **Percepción social y pública**
Efecto de las operaciones en cómo el público percibe a la compañía.
- **Financiera**
Efecto en la viabilidad financiera corporativa asociada con tales problemas como producto perdido, costos de recuperación o multas por incumplimiento.
- **Seguros**
El potencial de las operaciones para generar reclamos de responsabilidad por daños y perjuicios contra los trabajadores, el público en general y el medio ambiente.

Ejemplo

La empresa National Pipeline Company está estableciendo la gama de consecuencias a ser incluidas en la evaluación de riesgos, las cuales evalúan el riesgo que representa al público un oleoducto propuesto. Las consecuencias a ser investigadas se limitarán a la exposición del público al gas de sulfuro de hidrógeno (H₂S).

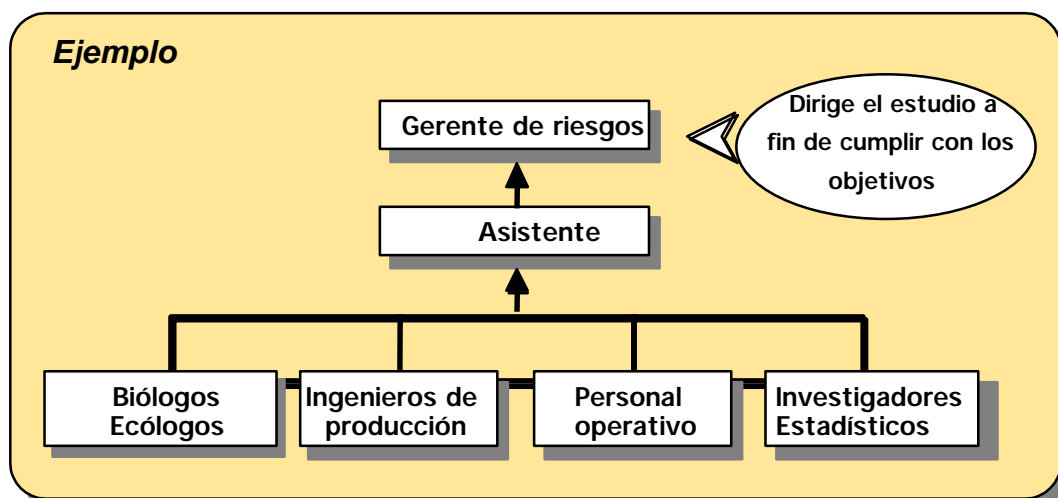
1er Paso (d): Organizar el equipo técnico de evaluación de riesgos

Una vez que se hayan identificado los objetivos y el alcance de la evaluación, se debe formar un equipo técnico para llevar a cabo la evaluación. El equipo técnico de evaluación de riesgos puede consistir en un solo individuo pero es más probable que incluya individuos con conocimientos especializados en los siguientes ámbitos:

- historia de las operaciones y de los derrames
- conocimiento técnico de las operaciones actuales
- metodologías estadísticas
- metodologías de evaluación de riesgos
- objetivos de gestión
- impacto sobre la salud humana, la seguridad y el ecosistema

Utilice listas de verificación o tablas para resumir los requisitos del equipo técnico a fin de asegurar que el grupo cuente con la suficiente pericia para cumplir con los objetivos y el alcance identificado en las pasos anteriores de planificación.

Los integrantes del equipo técnico estarán bajo las órdenes del gerente de evaluación de riesgos, quien requiere conocimiento general de cada campo al igual que conocimiento de las metodologías de evaluación de riesgos.



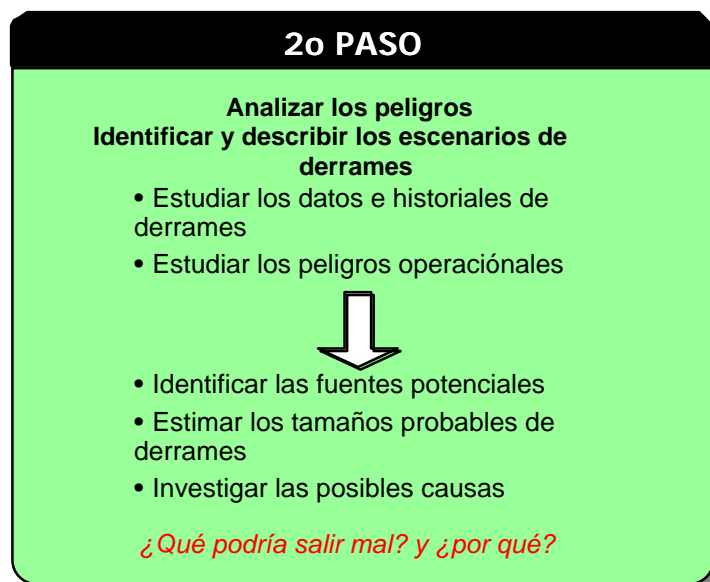
1er Paso: Revisión

Los objetivos y el alcance de la evaluación de riesgos deben reevaluarse a fin de asegurar que los recursos disponibles permitan al gerente de riesgos cumplir con los objetivos. Por ejemplo, la delineación detallada de consecuencias de un derrame de hidrocarburos, tales como el impacto a largo plazo sobre una población de peces, puede no resultar factible si la información de toxicidad o los recursos financieros no están disponibles para llevar a cabo los ensayos de toxicidad crónica a lo largo de un período de varios años.

Al final del 1er Paso, asegúrese que se hayan completado los siguientes pasos:

- Los objetivos del estudio han sido identificados claramente.
- Las operaciones específicas que serán incluidas en el estudio han sido identificadas y enumeradas.
- Los tipos de consecuencias que serán estudiadas han sido identificadas.
- El grupo técnico de evaluación de riesgos incluye los conocimientos técnicos necesarios para cumplir con los objetivos.

2o Paso: Analizar los peligros: identificar y describir los escenarios de derrames



El propósito de un análisis de peligros es identificar y describir los escenarios de derrames que incluyen las fuentes potenciales de derrames, el tipo de producto y volumen de derrame probables y las causas de los incidentes.

No se pueden evaluar los riesgos si no se conocen las fuentes y las características de los derrames

Se pueden utilizar varios métodos para identificar las fuentes de riesgo. El método se selecciona según los objetivos de la evaluación, el alcance y los recursos disponibles.

La presente sección muestra la manera en que se utilizan los datos e historiales de accidentes de derrames de hidrocarburos para identificar y describir las fuentes, las tendencias y las causas de derrames.

En el Anexo III se presentan métodos alternativos para identificar escenarios de derrames de hidrocarburos:

- Árboles de eventos o de fallas
- Escenarios de tipo ¿que pasaría si?
- Análisis de operabilidad de peligros (HAZOP)

2o Paso (a): Revisar los datos de accidentes y de derrames de hidrocarburos

Revisar los datos e historiales disponibles a fin de identificar las tendencias en causas, fuentes y tamaños de derrames. A menudo los registros de incidentes se pueden obtener de los registros de empresas o registros reglamentarios. Entre otras fuentes de datos que sirven para identificar fuentes potenciales están las bases de datos disponibles al público (véase el Anexo 2.0) y los “journals” de la industria petrolera.

A continuación se presentan algunos ejemplos de tendencias en los derrames costa afuera, costeros y tierra adentro que han sido identificados a partir de datos históricos:

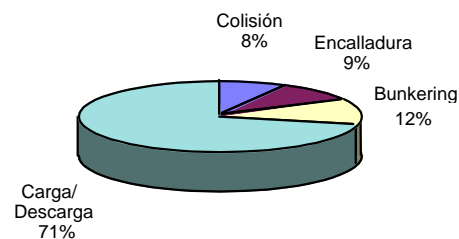
Figura 2A
Causas principales de derrames costa afuera

La mayoría de los derrames pequeños o intermedios en aguas costa afuera son producto de operaciones de carga y descarga.

Las estadísticas de ITOPF demuestran que más del 70% de todos los derrames ocurrió durante las operaciones de carga y descarga.

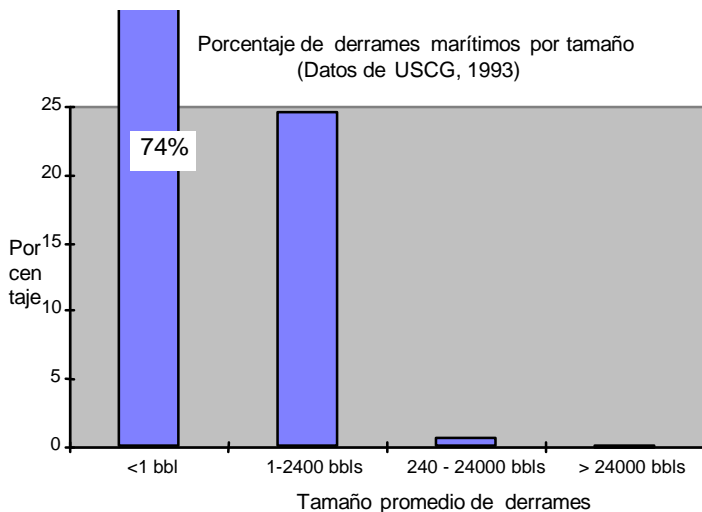
Sin embargo, las principales causas de derrames grandes son producto de colisiones y encalladuras de buques

Principales causas de derrames
(todos los derrames)



(ITOPF, provisto a IPIECA, 1991)

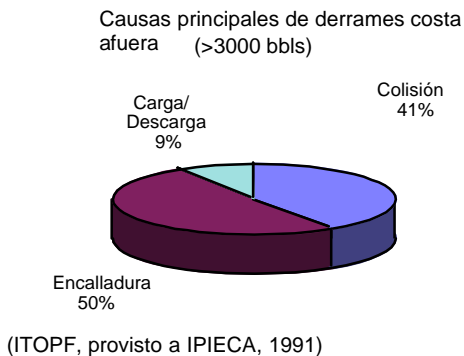
Figura 2B
Derrames costa afuera por tamaño



Las descargas instantáneas de hidrocarburos, tales como en el derrame de Exxon Valdez, son muy poco comunes.

Las estadísticas del servicio de guardacostas de los EE.UU. (USCG) sugieren que más del 80% de los derrames son menores de 1 bbl y que los derrames grandes (de >24.000 bbls) equivalen a menos del 1% de los acontecimientos de derrame.

Figura 2C
Causas de grandes derrames costa afuera



Se ha determinado que las principales causas de los derrames grandes que ocurren costa afuera son producto de encalladuras y colisiones.

Figura 2D
Fuentes de derrames costeros

La Agencia de Protección del Medio Ambiente de los EE.UU. informó que la mayoría de los derrames costeros provienen de las operaciones de instalaciones y oleoductos

Numerosos informes sugieren que en base anual los derrames que provienen de instalaciones (refinerías, tanques de almacenaje, plataformas de perforación, transporte terrestre, oleoductos), exceden en cantidad los derrames que provienen de buques (buques cisterna, barcazas, buques de carga).

Fuentes de derrames de hidrocarburos (>285 bbls) en aguas costeras

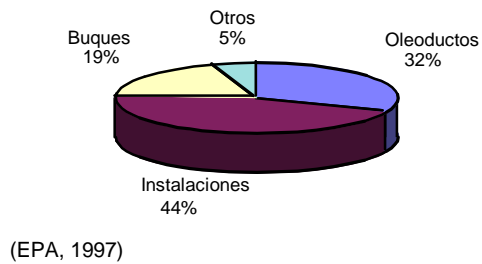


Figura 2E
Fuentes de derrames en aguas continentales

El Instituto de Petróleo Norteamericano informó que más del 42% de los derrames ocurren en masas de agua continentales mientras que solamente el 30% de los derrames ocurren en aguas costeras dentro de las 12 millas de distancia de la costa de los EE.UU..

La Agencia para la Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (EPA) también informó que la mayoría de los derrames en aguas continentales estaban relacionados con actividades en instalaciones petroleras y oleoductos.

Fuentes de derrames (>285 bbls) en aguas interiores

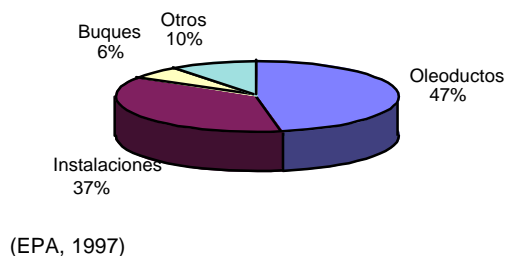
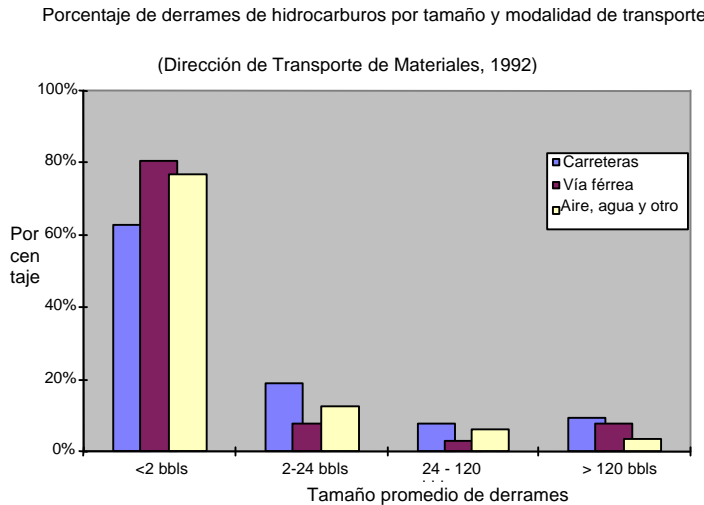


Figura 2F
Derrames costeros por tamaño



Como en el caso de las estadísticas de derrames en aguas costeras, la mayoría de los derrames en tierra son acontecimientos menores y no grandes incidentes catastróficos.

En la figura 2F se demuestra que durante el transporte de productos por vía férrea, carretera, aire o agua son siempre los derrames menores que son los más comunes

Figura 2G
Fuentes de derrames en tierra

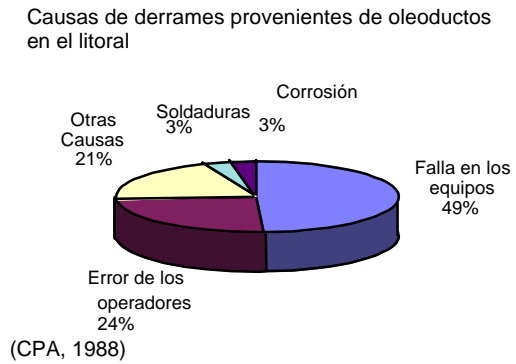


La fuente más grande de derrames en tierra proviene de las instalaciones y los oleoductos.

Según determinó la Asociación de Petróleo Canadiense (CPA), por lo general los derrames en tierra son producto de corrosión interna y externa, fallas de equipos, reboses de tanques y fugas, así como errores de los operadores.

Figura 2H
Causas de derrames de oleoductos en el litoral

Al examinar los derrames provenientes de oleoductos en el litoral, la CPA determinó que más de la mitad de los incidentes eran producto de errores de los operadores y fallas de equipos.



2o Paso (b): Agrupar los incidentes de derrames

Independientemente de si una evaluación de riesgos utiliza o no datos históricos de accidentes y/o sesiones de tormenta de ideas para analizar los escenarios de derrames potenciales, resulta imprescindible identificar los escenarios de derrames, lo cual provee un punto de inicio para evaluar la probabilidad de que ocurra un incidente y las consecuencias de éste.

Basándose en los objetivos, el alcance y la gama de tipos de derrames de hidrocarburos identificados, agrupar los escenarios de derrames según los siguientes factores:

- volumen de derrame
- fuente de equipos
- tipo de instalación
- causa del derrame

Ejemplo

Tras un análisis de los posibles peligros en una instalación de hidrocarburos en el litoral, se generó la siguiente lista de escenarios de derrames de hidrocarburos.

Volumen del derrame potencial (bbls)	Fuentes del derrame (escenarios)	Probabilidades	Consecuencias
1-49	Fugas crónicas de válvulas Derrames de muestreos Carga/descarga de camiones Fugas de la caja de estopas		
50-999	Fugas de oleoductos Fugas de muestreos Accidentes de camiones Fugas de válvulas Fugas de bridas		
1000-5000	Rupturas de oleoducto Descarga de rayos Reventón de pozo Vandalismo / terrorismo Ruptura del tanque de producción		
>5,000	No hay circunstancias previsibles		
2o PASO		3er PASO	4o PASO

2o Paso: Revisión

Al concluir el 2o paso, asegúrese de que se hayan completado las siguientes tareas:

- Se han identificado las fuentes comunes de derrames de hidrocarburos.
- Se han identificado las causas comunes de derrames de hidrocarburos.
- Se han estimado los volúmenes de derrames previstos de incidentes.
- Se han agrupado los incidentes de derrame en categorías en base a fuente, tamaño y/o causa.

3er Paso: Analizar las probabilidades



El riesgo es una función de la probabilidad de que ocurra un incidente y las consecuencias del mismo.

Después de establecer los objetivos y el alcance de la evaluación y después de identificar los escenarios de riesgo, la evaluación deberá intentar determinar la probabilidad de que ocurran los escenarios de riesgo identificados.

En general el análisis de probabilidad se puede describir utilizando dos métodos:

- Los métodos **cuantitativos** a menudo se utilizan en situaciones en que hay datos históricos de accidentes y de derrames disponibles.
- Los métodos **cualitativos** a menudo se utilizan cuando los evaluadores de riesgos no cuentan con datos estadísticos disponibles. Por el contrario, se realizan criterios cualitativos sobre la base de factores que pueden aumentar o disminuir la probabilidad de que ocurra un incidente.

3er Paso (a): Estimar las probabilidades de un incidente de manera cualitativa

Los datos históricos se pueden revisar y se puede determinar la frecuencia de un acontecimiento probable (o la probabilidad de éste). La frecuencia de acontecimientos estaría basada en el número total de accidentes aplicables y la población total de equipos o de instalaciones.

Generalmente, se utilizan datos de frecuencia que han sido previamente determinados para condiciones operativas similares. Una tasa de frecuencia de incidente histórica se puede obtener dividiendo el número total de incidentes por la población del estudio.

$$Frecuencia = \frac{No.total\ de\ accidentes\ aplicables}{No.total\ de\ fuentes\ de\ derrames}$$

La frecuencia estimada puede ser presentada en términos de unidades de petróleo producido, procesado o transportado (por ejemplo, mil millones de barriles de petróleo producido). Este valor de frecuencia estimada puede ser comparado con la cantidad real de petróleo producido o transportado por una compañía. Esto determinará la cantidad estimada de derrames o la probabilidad de derrames de una modalidad específica de transporte u operación.

La siguiente tabla demuestra la manera en que se pueden aplicar los datos de frecuencia a las operaciones de una compañía con el fin de desarrollar la probabilidad de un derrame de hidrocarburos.

Categoría de derrame	Datos de frecuencia	Volúmenes de la compañía	Frecuencia prevista de derrames para la Compañía	Probabilidad
Derrames de buques cisterna >150.000 bbls	0,1 derrames / mil millones de bbls transportados (USCG)	130 millones de bbls transportados	0,013 derrames / año	Un derrame cada 7,7 años

Nota: Se debe tener precaución cuando se utilizan métodos estadísticos para estimar las probabilidades. El usuario debe estar consciente de la estrecha correspondencia que existe entre las circunstancias del estudio y las circunstancias de las cuales fueron generadas las estadísticas. Diferentes criterios estadísticos pueden generar diferentes estadísticas, lo cual puede llevar a conclusiones inaplicables.

Ejemplo

Una compañía nacional de petróleo transporta 50.000 bbls por día (18 millones de bbls por año) de petróleo a través de un oleoducto costa afuera. Los datos obtenidos del Marine Industry Group (MIRG) (1991) para derrames en el Golfo de México indican que la frecuencia de un derrame (>10.000 bbls de petróleo) equivale a 0,4 derrames por mil millones de bbls transportados. Utilizando estos datos, la probabilidad de que la compañía tenga un derrame resulta ser uno en 34 años.

Sin embargo, los datos obtenidos de estudios de derrames de petróleo crudo en la Región Atlántica de Canadá por el Instituto Canadiense de Productos Petroleros (1991) indican que la probabilidad de un derrame (>10.000 bbls de petróleo) es de 0,67 por mil millones de barriles transportados. Utilizando estos datos, la probabilidad de que la compañía tenga un derrame es uno en 9 años.

Categoría de derrame	Datos de frecuencia	Volúmenes de la compañía	Frecuencia prevista de derrames	Probabilidad
Derrames de petróleo crudo de buques cisterna >10.000 bbls	0,4 derrames/mil millones de bbls transportados (MIRG)	8 millones de bbls transportados /año	0,0074 derrames /año	Uno en 35 años
	0,9 derrames/mil millones de bbls transportados (CPPI)	8 millones de bbls transportados /año	0,0034 derrames por año	Uno en 292 años

La diferencia en los datos de frecuencia puede deberse a varios factores, incluyendo, entre otros:

- diferentes áreas geográficas
- diferentes requerimientos para reportar derrames
- diferentes niveles de control o de administración de buques
- diferente administración de datos

Las ecuaciones de probabilidad pueden ser desarrolladas para incluir varias consideraciones específicas de un lugar y pueden incluir valores constantes, estadísticas específicas del sitio y factores de ponderación. Sin embargo, estas ecuaciones de probabilidad pueden requerir una cantidad cada vez mayor de información estadística específica y así introducir cada vez más fuentes de errores a medida que se incluyen más datos específicos.

La variación de datos en la siguiente tabla demuestra lo importante que es el estar familiarizados con los parámetros de cada fuente de datos.

Tabla 1. Estimaciones de frecuencia seleccionadas para derrames de hidrocarburos

Categoría de derrame	Fuente de datos	Datos de frecuencia
Derrames de buques cisterna		
> 150.000 bbls	United States Coast Guard	0,1 derrames / mil millones de bbls transportados
> 150.000 bbls	Marine Industry Group (MIRG) (1991)	0,05 derrames / mil millones de bbls transportados
> 100.000 bbls	S. L. Ross Environmental Research	0,07 derrames/mil millones de bbls transportados
> 10.000 bbls	Marine Industry Group (MIRG) (1991)	0,41 derrames/mil millones de bbls transportados
> 10.000 bbls	S. L. Ross Environmental Research	0,19 derrames/mil millones de bbls transportados
> 1.000 – 10.000 bbls	Marine Industry Group (MIRG) (1991)	0,28 derrames/mil millones de bbls transportados
> 1.000 bbls	S. L. Ross Environmental Research	0,47 derrames/mil millones de bbls transportados
> 1.000 bbls	Marine Industry Group (MIRG) (1991)	0,68 derrames/mil millones de bbls transportados
> 1.000 bbls	United States Coast Guard	1,3 derrames/mil millones de bbls transportados
1-999 bbls	United States Coast Guard	28 derrames/mil millones de bbls transportados
50-999 bbls	S. L. Ross Environmental Research	3,2 derrames/mil millones de bbls transportados
1-49 bbls	S. L. Ross Environmental Research	21 derrames/mil millones de bbls transportados
Buques cisterna en mar abierto		
> 1.000 bbls	Lanfear and Amutz (1983)	0,9 derrames/mil millones de bbls transportados
> 10.000 bbls	Lanfear and Amutz (1983)	0,5 derrames/mil millones de bbls transportados
Buques cisterna en el puerto		
> 10.000 bbls	Lanfear and Amutz (1983)	0,15 derrames/mil millones de bbls transportados
> 1.000 bbls	Lanfear and Amutz (1983)	0,4 derrames/mil millones de bbls transportados
Derrames de la carga/descarga de monoboyas		
> 1.000 bbls	S. L. Ross Environmental Research	2,3 derrames/mil millones de bbls transportados
1-999 bbls	S. L. Ross Environmental Research	37 derrames/mil millones de bbls transportados

Derrames de plataformas		
> 10.000 bbls	Lanfeair and Amutz (1983)	0,44 derrames/mil millones de bbls transportados
> 1.000 bbls	Lanfeair and Amutz (1983)	1,0 derrames/mil millones de bbls transportados
> 1.000 bbls	United States Coast Guard	0,60 derrames/mil millones de bbls producidos
50-999 bbls	United States Coast Guard	14 derrames/mil millones de bbls producidos
1-49 bbls	United States Coast Guard	381 derrames/mil millones de bbls producidos
Pozos de producción costa afuera		
> 150.000 bbls	Canadian Petroleum Institute (1989)	0,063 / mil millones bbls producidos
> 150.000 bbls	S. L. Ross Environmental Research	$2,5 * 10^{-5}$ derrames / pozos / año
> 10.000	S. L. Ross Environmental Research	$1,0 * 10^{-5}$ derrames / pozos / año
Reventones de pozos en perforaciones costa afuera		
> 150.000 bbls	S. L. Ross Environmental Research	$4,23 * 10^{-5}$ /derrames / pozos perforados
> 10.000 bbls	S. L. Ross Environmental Research	$9,86 * 10^{-5}$ derrames / pozos perforados
>10.000 bbls	Lanfeair and Amutz (1983)	0,67 derrames/mil millones de bbls transportados
> 1.000 bbls	Lanfeair and Amutz (1983)	1,6 derrames/mil millones de bbls transportados
> 1.000 bbls	S. L. Ross Environmental Research	0,67 derrames/mil millones de bbls transportados
Derrames de tanques de almacenaje		
> 1.000 bbls	S. L. Ross Environmental Research	$1,11 * 10^{-2}$ derrames / año / millones de bbls
Derrames de oleoductos costa afuera		
> 1.000 bbls	United States Coast Guard	0,67 derrames/mil millones de bbls transportados
> 1.000 bbls	United States Coast Guard	$0,17 * 10^{-3}$ derrames / milla / año

Los métodos basados en estadísticas tienen varias desventajas, incluyendo, entre otras:

- Pueden no ser apropiados para estudios de evaluación de riesgos con recursos limitados o disponibilidad limitada de datos.
- Por lo general los acontecimientos de derrames de hidrocarburos de gran envergadura ocurren muy rara vez, y a la vez que existen pocos datos para derrames crónicos menores.
- Los datos pueden estar incompletos o ser de mala calidad con respecto al tamaño de muestras, la fuente de datos y la antigüedad de los datos.
- El equipo técnico de evaluación de riesgos puede no contar con los suficientes recursos para obtener y analizar los datos disponibles de manera apropiada.
- Los datos históricos pueden ser derivados de fuentes de datos u operaciones que no son típicas de las operaciones de una compañía. Algunos datos pueden ser extremadamente específicos a cierto tipo de equipos.
- Factores externos únicos (por ejemplo, el viento, las condiciones del mar, la profundidad del agua) pueden desempeñar un papel en el aumento o la disminución de la frecuencia de incidentes de derrames de hidrocarburos.
- El papel que juega el error humano en la ocurrencia de derrames. Algunos estudios han indicado que hasta un 80% de los accidentes se producen por error humano
- Las estimaciones basadas en datos históricos pueden no incluir factores de reducción de riesgos que sean específicos del lugar, incluyendo sistemas de administración de seguridad y de contención.

3er Paso (b): Estimar la probabilidad de manera cualitativa

Una alternativa para calcular las probabilidades sobre la base de la frecuencia histórica o datos estadísticos consiste en identificar aquellos factores que aumentan o disminuyen la probabilidad de que ocurra un incidente de derrame y de evaluar las circunstancias específicas para ver si hay evidencia de aquellos factores.

Los factores pueden ser derivados de varias fuentes, incluyendo entre otros:

- historiales
- datos de derrames y accidentes
- opinión de expertos

Los factores que se han identificado pueden ser ponderados, arreglados en una matriz, utilizados como un sistema de ordenamiento por puntuación o por rango o bien pueden ser presentados gráficamente.

Las listas de verificación pueden identificar e incluir factores que tienen mayor probabilidad de que ocurra un incidente. Las mismas pueden ser desarrolladas para uso en operaciones generales, para equipos determinados o bien para áreas de operación tales como las que se indican a continuación:

- oleoductos en tierra y costa afuera
- terminales marítimas
- monoboyas de carga y descarga
- oleoductos de transporte
- buques cisterna de transporte
- refinerías en tierra
- oleoductos en tierra
- camiones de transporte
- cabezales de pozo
- instalaciones de almacenaje a granel
- tanques subterráneos


Ejemplo

Después de revisar los estudios de historiales, se determinó que entre las numerosas causas principales de fallas de oleoductos figuraban la construcción de oleoductos, el manejo de productos y las condiciones operativas. Por lo general, los datos disponibles pueden no ser aptos para calcular las probabilidades, pero pueden ser aptos para la comparación de dos oleoductos dentro de las operaciones de una compañía y para identificar aquellos tramos que más requieren ser habilitados.

El valor de probabilidad es una herramienta útil que permite la comparación de diferentes operaciones y a la vez permite el análisis de fuentes de riesgo.

Criterios de probabilidad	P1er tramo del oleoducto	2o tramo del oleoducto
Antigüedad del oleoducto <20 años	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diámetro del oleoducto <6"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Protección anticorrosiva	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Protección catódica	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recubrimiento interior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recubrimiento exterior	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ensayos de "smart pigs"	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Inspección periódica de derechos de vía	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ensayos periódicos de ultrasonido	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sin fugas en los últimos 3 años	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Probabilidad de derrame	Baja	Alta

Una de las herramientas útiles para desarrollar listas de verificación o criterios de probabilidad resultan ser las guías de auditoría. Los protocolos de auditoría generalmente se concentran en identificar aquellas condiciones de operación que minimizan las fugas o descargas de hidrocarburos al medio ambiente, por lo que las guías de auditoría también sirven como punto de partida para desarrollar criterios que aumentan o disminuyen la probabilidad de que ocurran derrames de hidrocarburos.

Guía de 

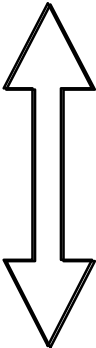
Refiérase a las “Guías de ARPEL para la conducción de auditorías ambientales en las operaciones petroleras en tierra” (Guía #9) y Guías para la conducción de auditorías ambientales en las operaciones de la industria petrolera” (Guía #14)

3er Paso (c): Asignar un valor de probabilidad

Independientemente de si la evaluación de riesgos utiliza métodos **cuantitativos** o **cualitativos** para analizar las probabilidades de derrames, el objetivo del 3er Paso es desarrollar un valor de probabilidad. El valor de probabilidad se determina comparando el resultado de todos los resultados posibles de probabilidad de derrames.

El valor de probabilidad es el denominador común que permite la comparación de probabilidades y consecuencias.

Por ejemplo, una gama de valores de probabilidad potenciales para los resultados de un derrame de hidrocarburos desde una instalación de producción podría ser:

Gama de probabilidades de derrame posibles	Ejemplo de gama de incidentes de derrame	Valor de probabilidad
	Fugas crónicas de válvulas	10
		9
		8
		7
	Ruptura de un tanque de almacenaje de 500 bbl	6
		5
		4
		3
		2
	Remota (1 incidente en la vida de la operación)	Derrame de >100.000 barriles en una instalación de petróleo pequeña

3er Paso: Revisión

Los métodos **cuantitativos** para estimar probabilidades tienen mayor aplicabilidad en las siguientes circunstancias:

- Cuando hay datos de derrame confiables disponibles que se comparan directamente con el estudio propuesto de evaluación de riesgos.
- Cuando múltiples estudios de evaluación de riesgos (posiblemente de diferentes fuentes) identifican estadísticas de derrame estándar que serán utilizadas de manera consistente.

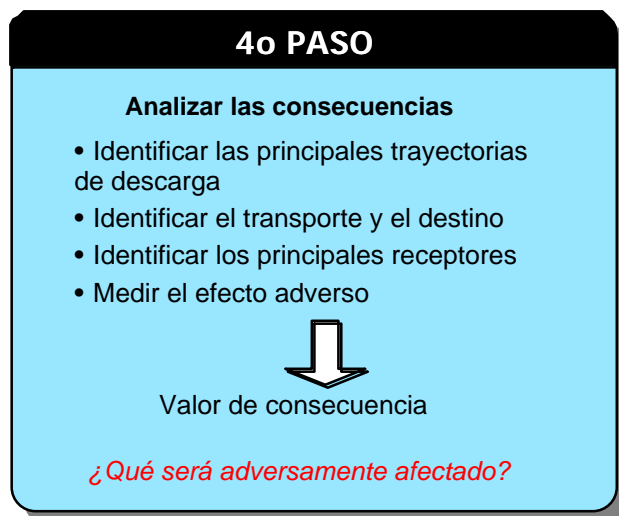
Los métodos **cualitativos** de estimar probabilidades son más aplicables cuando no hay estadísticas confiables disponibles y el objetivo del estudio consiste en evaluar y comparar las fuentes y las causas del riesgo. Los métodos cualitativos también son una herramienta valiosa para dar apoyo a los métodos basados en estadísticas.

Independientemente de si se utilizan métodos cuantitativos o cualitativos, el objetivo consiste en generar un valor de probabilidad adimensional. Este valor será combinado con análisis de consecuencias (4o Paso) con el fin de generar un valor global de riesgo (5o Paso).

Al concluir el 3er Paso, asegúrese de que se hayan completado las siguientes tareas:

- Se han recopilado las estadísticas con el fin de estimar la probabilidad de incidentes de derrames para cada categoría identificada en el 2o Paso.
-
- Se han desarrollado listas de verificación para identificar aquellas operaciones con características probables de aumentar la probabilidad de ocurrencia de incidentes de derrame.
- Se ha desarrollado un índice de probabilidad en base a la gama de probabilidades posibles, puntuación u ordenación por rangos.
- Se ha determinado un valor de probabilidad adimensional relativo, el cual puede ser combinado con el análisis de consecuencias para generar un valor de riesgo global.

4o Paso: Analizar las consecuencias



En caso de un derrame de hidrocarburos, es importante considerar varios factores potenciales que pueden afectar las consecuencias de un derrame, incluyendo entre otros:

- riesgo de incendio y explosión (especialmente cuando se trata de derrames de gasolina y otros productos volátiles)
- impacto sobre los recursos biológicos (efectos letales y subletales sobre los peces)
- impacto sobre los centros urbanos o las propiedades adyacentes (por ejemplo, las marinas, las playas, las zonas de conservación, los puertos y los parques)
- impacto sobre otros usos de agua dulce o agua salada (por ejemplo, la maricultura, el turismo, la navegación, la recreación, tomas de agua dulce)
- persistencia del hidrocarburo en los suelos y en las aguas subterráneas
- mala percepción por parte del público (por ejemplo reportaje por los medios de comunicación de un acontecimiento de derrame)
- otras consideraciones del lugar (por ejemplo históricas, arqueológicas, culturales)

Hay muchas maneras de analizar las consecuencias de derrames, desde las más simples hasta las más complejas. La clave resulta ser analizar las consecuencias de manera tal que esto provea suficiente información para evaluar los riesgos y cumplir con los objetivos del estudio. El análisis de consecuencias puede describirse mediante los siguientes componentes claves:

- identificar las trayectorias principales
- analizar el destino y el transporte
- identificar los principales receptores
- medir la exposición de los receptores

4o Paso (a): Identificar las trayectorias principales

La identificación de los mecanismos de transporte primarios (las trayectorias principales) mediante los cuales los hidrocarburos derramados son descargados al medio ambiente, determinará los recursos ambientales y las actividades del hombre que pueden estar en riesgo. Las trayectorias principales de los hidrocarburos derramados pueden incluir:

- aguas superficiales
- aguas subterráneas
- suelos
- sedimentos
- biota
- aire

El identificar las trayectorias principales permite que la evaluación de riesgos obtenga una comprensión inicial de la relación que existe entre las propiedades de los hidrocarburos, el transporte de éstos a través de los diferentes medios y los efectos adversos que puedan tener.


4o Paso (b): Analizar el transporte y el destino

El transporte y el destino de los hidrocarburos derramados dentro de cada trayectoria desempeñarán un papel importante en el grado de los efectos adversos de éstos. Entre las consideraciones importantes en la evaluación del transporte y del destino de los hidrocarburos derramados están:

- el esparcimiento o movimiento en la superficie del agua y en la columna de agua
- la lixiviación en las aguas subterráneas y en los subsuelos
- el movimiento a través de las aguas subterráneas y los suelos porosos
- la absorción en los suelos y en la vegetación
- la meteorización, la dispersión, evaporación y emulsificación en los suelos y en las superficies del agua
- la interacción con desechos
- el transporte por los animales y por la actividad del hombre

Algunos petróleo crudos pueden ser rápidamente meteorizados mientras que otros pueden persistir en el agua o en los suelos. Los crudos livianos pueden esparcirse rápidamente mientras que los crudos pesados pueden extenderse lentamente. Los crudos pesados derramados en tierra pueden contaminar sólo la porción superficial de los suelos mientras que los hidrocarburos refinados y los combustibles más livianos pueden penetrar las capas del subsuelo. La diferencia en las características del producto deberá considerarse cuando se identifica el transporte y el destino de éstos durante un derrame.

Una herramienta clave en la identificación del transporte de hidrocarburos derramados en agua es el uso del modelado de trayectorias de derrames de hidrocarburos. Los modelos de computación pueden ser aplicados para proyectar el movimiento de los hidrocarburos derramados e identificar las zonas, los medios de recreo y los recursos biológicos que tienen una alta probabilidad de impacto a raíz de los derrames.

Informe de 

Refiérase al informe “Modelado de trayectorias de derrames de hidrocarburos de ARPEL” (Informe #4)

Hay numerosos modelos disponibles para determinar el transporte de los hidrocarburos derramados, incluyendo el movimiento de los hidrocarburos en el agua, en los suelos y en los acuíferos freáticos.

Otros modelos, tales como el de ADIOS II (provisto por NOAA) también se concentran en el destino del hidrocarburo derramado bajo diferentes condiciones ambientales.

4o Paso (c): Identificar los principales receptores

El hecho de tener una idea de las principales trayectorias y del destino probable de los hidrocarburos derramados asistirá en la identificación de los principales receptores en riesgo producto de un derrame de hidrocarburos.

Cuando se evalúan los receptores en riesgo, se deben considerar los efectos adversos de los hidrocarburos derramados, los cuales incluyen:

- La contaminación física y la asfixia de recursos vivos, lo cual causa un trastorno de las funciones vitales tales como la alimentación, la respiración y el movimiento. Los receptores en riesgo de contaminación física incluyen la vida acuática, los mamíferos marinos, los reptiles, las aves que se alimentan por zambullida y los animales y las plantas en instalaciones de acuicultura.
- La densidad demográfica y las actividades de recreo incluyendo las playas, los paseos en lancha y el buceo. Los hidrocarburos derramados pueden causar seria inquietud pública y resultar en importantes pérdidas económicas con relación al turismo.
- Las instalaciones industriales, tales como los astilleros o las operaciones portuarias, que dependen del agua de mar o del agua dulce para sus operaciones.
- La toxicidad de los hidrocarburos derramados en función de la concentración de hidrocarburos derramados (en agua o en los suelos) y el tiempo requerido para causar un efecto tóxico adverso. Por el hecho de que la toxicidad varía con cada tipo de hidrocarburo, es importante considerar las diferentes toxicidades de los combustibles de aviación, las gasolinas y los combustibles diesel.
- La bioacumulación de niveles de hidrocarburos en los organismos a concentraciones muy bajas. Los mejillones, las ostras y las almejas filtran grandes volúmenes de agua de mar para extraer su alimento. La bioacumulación en estos organismos puede tener efectos adversos en sus poblaciones y a la vez representar un riesgo para la salud de otros animales que consumen estos organismos.
- El aceitado de las plantas terrestres, que puede causar serios trastornos en la función respiratoria normal y resultar en bajo crecimiento o mortalidad. Para especies de vegetación más grandes, los hidrocarburos derramados pueden ser incluso dañinos si las concentraciones exceden niveles específicos en las zonas de suelos que contienen las raíces.

Una herramienta clave en la identificación de los principales receptores de derrames de hidrocarburos consiste en el uso de mapas de sensibilidad preparados con anterioridad. Los mapas de sensibilidad pueden permitir una rápida identificación de los hábitats sensibles, de las zonas de uso por el hombre y de recursos valiosos, lo cual podría incluir la evaluación de consecuencias.

Guía de 

Refiérase a la “Guía de ARPEL #16, “La elaboración de mapas de sensibilidad ambiental para la planificación y respuesta a los derrames de hidrocarburos.”

4o Paso (d): Medir o estimar los efectos adversos

En la evaluación de las consecuencias de los hidrocarburos derramados, los métodos pueden variar desde simplemente identificar los receptores claves que tienen el potencial de ser adversamente afectados por los hidrocarburos derramados, hasta el intentar la cuantificación de los efectos en ciertas especies indicadoras.

La selección del indicador de efectos adversos deberá estar basada en ciertos factores claves, incluyendo entre otros:

- Identificación del alcance y los objetivos del estudio.
Por ejemplo, si el objetivo fuera evaluar el riesgo para la salud humana en poblaciones adyacentes a la fuente de derrame de hidrocarburos, entonces los niveles de benceno en las fuentes de agua potable podrían ser un indicador apropiado de un potencial efecto adverso.
- La capacidad del grupo técnico de evaluación de riesgos de medir el indicador.
Por ejemplo, los recursos de análisis limitados pueden requerir un indicador que pueda ser medido visualmente, tal como los kilómetros de ribera que fueron aceitados.
- La probabilidad de que el indicador tenga relación directa a un efecto adverso o a un efecto potencialmente adverso.
Por ejemplo, el benceno es un cancerígeno conocido y por lo tanto un buen indicador de un potencial riesgo de cáncer si se descubre en las fuentes de agua potable.

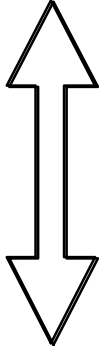
4o Paso (e): Determinar un valor de consecuencia

Una vez que se hayan analizado las consecuencias del derrame se debe desarrollar un valor de consecuencia.

Se han desarrollado numerosos índices que intentan dividir en factores las consecuencias adversas de los incidentes basándose en la vulnerabilidad de ciertos tipos de receptores a los hidrocarburos derramados.

Los índices disponibles pueden ser utilizados para determinar una gama de consecuencias y un valor de consecuencia.

Por ejemplo, una gama de valores de consecuencia potenciales para los resultados de un derrame de hidrocarburos desde una instalación de producción podría ser:

Gama de posibles consecuencias del derrame	Ejemplo de la gama de consecuencias	Valor de consecuencia
	<ul style="list-style-type: none"> • Pantanos, ciénagas, manglares, vegas 	10
		9
		8
	<ul style="list-style-type: none"> • Bajíos y orillas de poca pendiente 	7
		6
		5
		4
	<ul style="list-style-type: none"> • Acantilados/murallas verticales expuestos y orillas verticales 	3
		2
		1
Ningún efecto adverso		

Véase el Anexo 7.0 para un ejemplo de un Índice de Vulnerabilidad. Para un intervalo más grande de receptores potenciales afectados por el hidrocarburo derramado refiérase a:

Guía de 

Guía #16 de ARPEL, “La elaboración de mapas de sensibilidad ambiental para la planificación y respuesta a derrames de hidrocarburos.”

4o Paso: Revisión

Al concluir el 4o Paso, asegúrese de que las siguientes tareas se hayan completado:

- Las consecuencias de los incidentes de derrames identificados en el 2o Paso han sido identificadas y descritas.
- Se ha desarrollado o modificado un índice de consecuencias o una escala de valores para el estudio.
- Se han desarrollado listas de verificación para identificar aquellas operaciones con características tendientes a aumentar la probabilidad de la ocurrencia de incidentes de derrames.
- Se ha determinado un valor de consecuencia adimensional relativo para los escenarios de derrames de hidrocarburos, el cual puede ser combinado con el análisis de probabilidades para generar un valor de riesgo global.

5o Paso: Caracterizar el riesgo



Un método común para caracterizar el riesgo consiste en desarrollar los índices de probabilidad y de consecuencias, según lo descrito en los pasos anteriores. Los índices, que se desarrollaron de la gama de resultados posibles, generan valores de probabilidad y de consecuencia no unitarios. Los valores adimensionales proveen un denominador común que permite comparar las probabilidades de derrames y las consecuencias de derrames dentro de un marco de evaluación de riesgos.

Riesgo = Probabilidad + Consecuencias

Ya que el riesgo es una función de la probabilidad y la consecuencia de los derrames de hidrocarburos, aquellos incidentes que tengan una alta probabilidad de ocurrencia y serias consecuencias representarán el riesgo más grande. Por otra parte, aquellos incidentes con pocas probabilidades y menores consecuencias pueden no representar ningún riesgo o un riesgo ínfimo.

El siguiente ejemplo de una matriz de riesgo presenta lo anterior:

		Valor de riesgo			
		Consecuencias			
		Bajas	Medianas	Altas	Muy altas
Probabilidad	Muy alta	Posible objetivo para las estrategias de reducción de riesgo			
	Alta				
	Mediana				
	Baja				

Los valores de probabilidad y de consecuencia se combinan para desarrollar un valor de riesgo, según se indica a continuación:

Incidente de derrame de hidrocarburos	Análisis de probabilidad	Análisis de consecuencias	Nivel de riesgo
1 bbl por una fuga crónica de válvula en una instalación de producción	Diario	Recursos cercanos: - bosques de manglares - fuente de agua potable - zona de agricultura	
Valor	10	8	18
20,000 bbls derramados durante una colisión de buques cisterna	Un incidente cada 25 años	Recursos cercanos incluyen riberas rocosas y murallas de mar artificiales	
Valor	2	2	4

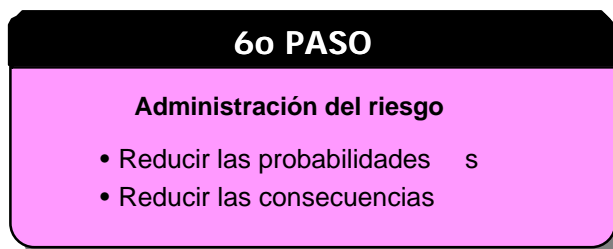
Cabe mencionar que el valor de riesgo identificado es relativo. El valor es útil solamente para comparar las diferentes fuentes de riesgo. El valor de riesgo no puede ser comparado con ningún otro valor o índice de otros estudios donde se han utilizado diferentes métodos para determinar esos valores.

5o Paso: Revisión

Al concluir este paso, el evaluador debe asegurar que las siguientes tareas se hayan cumplido:

- Se ha determinado un valor de riesgo para cada incidente de derrame, el cual está basado en valores adimensionales de probabilidad y de consecuencia.
- Niveles de riesgo aceptables han sido identificados.
- Los principales factores que contribuyen a altas probabilidades y serias consecuencias han sido identificados y descritos.

6o Paso: Administrar los riesgos



Los niveles de riesgo son relativos solamente dentro de los criterios subjetivos del estudio de evaluación. Los valores de riesgo sirven más para evaluar alternativas de reducción de riesgos y comparar los niveles de riesgo para diferentes circunstancias o para aceptar puntos de referencia corporativos.

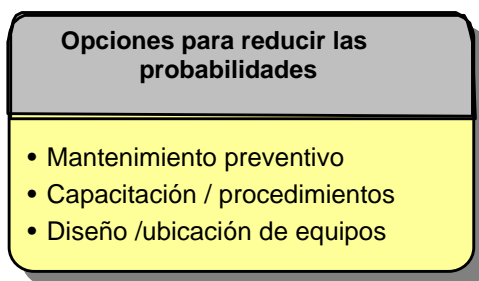
La administración de riesgos consiste en la evaluación e implementación de opciones para reducir la probabilidad y las consecuencias de derrames

Los administradores de riesgo deberán determinar el nivel de riesgo que sea aceptable. Una empresa puede seleccionar como objetivo aquellos incidentes que representan solamente el mayor riesgo o bien ciertos incidentes pueden ser seleccionados como objetivo que representan un riesgo relativo por sobre un nivel aceptable. Este nivel aceptable sería determinado tras una revisión de los incidentes y una evaluación de la gama de niveles de riesgo.

Las estrategias de reducción de riesgos deberán abordar una de dos áreas:

- opciones para reducir la probabilidad de los incidentes
- opciones para reducir la consecuencia de los incidentes

6o Paso (a): Reducir la probabilidad de incidentes



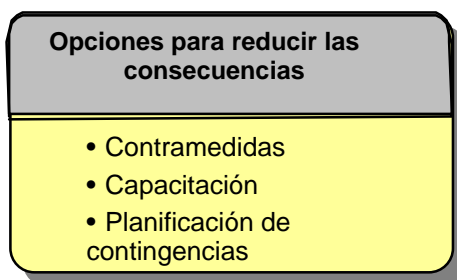
La probabilidad de incidentes puede ser afectada por factores que se encuentran fuera del control de los programas de administración de riesgos.

Pueden diseñarse numerosos programas de administración de riesgos para abordar casos de incidentes anormalmente altos, incluyendo entre otros:

- programas de mantenimiento e inspección
- medidas de control de derrames o de protección de equipos
- medidas de seguridad perfeccionadas o antiterroristas
- perfeccionamiento de la calidad de buques y equipos
- medidas de control de derrames y protección de equipos

El Anexo V incluye varios ejemplos de listas de verificación de mantenimiento preventivo que pueden servir para identificar aquellas operaciones que representan el mayor riesgo de derrame.

6o Paso (b): Disminuir las consecuencias de los incidentes



Un factor principal que afecta las consecuencias de un derrame de hidrocarburos es la capacidad de la empresa de responder al derrame.

La capacidad de respuesta depende de varios factores incluyendo, entre otros:

- planes de contingencia efectivos establecidos
- disponibilidad de equipos y materiales apropiados de operaciones de limpieza
- organización y políticas de respuesta a derrames de hidrocarburos

La capacidad de las organizaciones para responder efectivamente a un derrame de hidrocarburos y de minimizar los efectos adversos en el medio ambiente depende en gran parte de la organización y las políticas que se hayan establecido.

Guía de 

Refiérase a la “Guía de Planificación de contingencias y administración de derrames de hidrocarburos de ARPEL” (Guía #17).

Para identificar el nivel de contramedidas de derrame disponibles y de sistemas de administración, una evaluación de riesgos debe considerar algunas o todas de las siguientes consideraciones.

- planes de contingencias nacionales o regionales
- planes de contingencias corporativos y específicos al lugar

- ensayos periódicos de los planes, capacitación del personal y ejercicios de simulación
- acuerdos formales con organizaciones de respuesta o asociaciones industriales
- capacitación de los empleados específicamente en la operación de equipos especializados o en la supervisión de operaciones sobre el terreno
- equipos actualizados y bien mantenidos

El Anexo 4.0 incluye un ejemplo de un índice para evaluar las capacidades de las contramedidas

Además, las opciones para la administración de riesgos pueden concentrarse en aumentar los seguros contra ciertos incidentes o en mantener un fondo de respuesta a emergencias. Estas opciones de administración de riesgos pueden asegurar que los recursos financieros estén disponibles para responder a los incidentes de derrames de hidrocarburos de manera adecuada y también que los incidentes no le acarreen consecuencias financieras catastróficas a una empresa.

Base de Datos



Refiérase al documento de ARPEL Aplicaciones de la base de datos de inventarios de equipos para derrames de hidrocarburos y expertos en derrames (Versión 2.0).

6o Paso: Revisión

Al completar el 6o Paso, asegurar que:

- Se hayan identificado las estrategias de reducción de riesgos que disminuirán la probabilidad de ocurrencia de incidentes,
- Se hayan identificado las estrategias de reducción de riesgos que disminuirán las consecuencias de los incidentes,
- Se hayan identificado otros programas de la empresa y de la industria (por ejemplo planificación de contingencias) que afecten los niveles de riesgo.
- Se hayan identificado las estrategias de reducción de riesgos a futuro.

Estudio de caso

El presente estudio de caso representa una evaluación de riesgos preliminar utilizando el enfoque por “pasos”. Cabe mencionar que los resultados de la evaluación son específicos a este ejemplo en particular.

Problema:

Evaluar los riesgos al público provenientes de un oleoducto de baja presión de vapor que transporta petróleo que contiene gas de sulfuro de hidrógeno.

Analizar peligros:

Identificación de los peligros graves provenientes de este oleoducto que incluyen las explosiones, derrames de hidrocarburos y liberación de gas de sulfuro de hidrógeno. El peligro más grave al público que se determinó mediante una revisión perita fue la exposición al gas tóxico H₂S.

Determinación de las causas principales de las descargas provenientes del oleoducto a partir de récords entre las cuales están la corrosión, las fallas de soldadura y fuerzas externas. [Este estudio de caso se concentra en los peligros principales. También podrían realizarse otros análisis de los efectos del hidrocarburo derramado sobre el público o sobre el medio ambiente].

Analizar las probabilidades:

Se determinó la probabilidad de una ruptura (fuga) grande y una parcial en este ducto a partir de los récords de derrames históricos. La probabilidad de una ruptura grande se determinó como de $9,7 * 10^{-5}$ por km. año. La probabilidad de una ruptura parcial se determinó como de $2,9 * 10^{-4}$ por km. año.

Analizar las consecuencias

Las consecuencias de la liberación de gas se definieron como el número de individuos que se anticipa que serán expuestos a niveles de gas H₂S durante un período de tiempo lo cual resultaría en serios problemas de salud o la muerte de éstos.

Datos incluyendo las condiciones meteorológicas, el tiempo, las concentraciones de H₂S y las condiciones de operación del oleoducto fueron modelados utilizando un modelo de dispersión de pluma para determinar las concentraciones estimadas de gas tóxico H₂S a diversas distancias del oleoducto en función de tiempo. Esta información fue

comparada con mapas de uso de los suelos y mapas demográficos para determinar las cantidades de poblaciones que se anticipa serán negativamente afectadas por el componente de gas de la liberación del producto.

Analizar los riesgos:

Las probabilidades de que ocurra una ruptura del oleoducto y las consecuencias de las liberaciones posteriores de gas fueron combinadas para obtener un valor de riesgo para cada tramo del oleoducto. El valor de riesgo se expresó como riesgo de efectos adversos (o muerte) para un individuo. El riesgo fue calculado como el número de probabilidades en un millón. Los resultados fueron comparados con los niveles corporativos y estándares industriales aceptables a fin de determinar si el nivel de riesgo era aceptable o no.

Los riesgos fueron disminuidos de las siguientes maneras:

- Concentrándose en aquellas causas de incidentes que eran más comunes (por ejemplo, la corrosión del oleoducto); y
- La reducción de las consecuencias potenciales de una descarga mediante:
 - modificación de ciertas condiciones de operación del oleoducto,
 - aumento en el número e intensidad de las inspecciones del oleoducto.
 - aumento en la tecnología de detección de H₂S a lo largo del oleoducto,
 - mejoramiento de las respuestas a emergencias

Un componente clave de cualquier evaluación de riesgos consiste en documentar la información de tal manera que resulte útil a los gerentes de riesgos. A continuación se presenta una muestra de Tabla de Contenido para un informe de evaluación de riesgos:

Tabla de Contenido

Introducción

Objetivos y alcance

Límites

Incidentes de derrames de hidrocarburos

Fuentes

Tamaños

Causas

Estimación de probabilidades

Frecuencias de derrames

Fuentes de datos

Consecuencia de derrames de hidrocarburos

Niveles de riesgo de los incidentes de derrames de hidrocarburos

Conclusiones

Recomendaciones

Incertidumbre

Fuentes de datos

Anexo 1.0: Ejemplo de una lista de verificación del equipo técnico de evaluación de riesgos

Ejemplos de objetivos	Posibles áreas de pericia	Ejemplos de integrantes del grupo técnico
Identificar las fuentes de derrame de operaciones normales	Operaciones Tendencias a derrames industriales Historias de derrames específicas al lugar	Capataz de operaciones Ingeniero de producción Investigador de derrames
Identificar las fuentes de derrame de nuevos equipos	Especificaciones de diseño Reglamentos	Diseñador / dibujante
Identificar las probabilidades de incidentes de derrame	Estadística Matemática Administración de datos	Estadístico Matemático Administrador de datos
Evaluar los efectos de hidrocarburos derramados en los recursos biológicos	Efectos de hidrocarburos en la fauna y la flora	Biólogo Ecólogo Botánico Toxicólogo
Evaluar los efectos de incidentes en la percepción pública de la compañía	Política corporativa Reacción pública Recursos culturales	Vocero público Científico político Sociólogo Arqueólogo
Efectos de incidentes en la viabilidad de las operaciones de la compañía	Pérdidas financieras Multas administrativas y sanciones Relaciones con los inversionistas	Administradores de alto rango Contadores Administradores de las políticas Personal de finanzas
Efectos de incidentes en la seguridad de los trabajadores	Operaciones diarias Explosiones e incendios Dispersión de la pluma	Personal de salud ocupacional y seguridad industrial Científico modelador de columnas Operarios

Anexo 2.0: Bases de datos seleccionados disponibles al público

Fuente	Aplicabilidad
Base de datos de derrames de hidrocarburos de la International Tanker Owners Pollution Federation Ltd. (ITOPF)	Información actualizada sobre derrames accidentales de petróleo crudo y de productos incluyendo combustóleos, desde buques cisterna, portadores combinados, barcazas, etc.
Base de Datos de Sistemas de Información Técnica de Fallas y Accidentes (FACTS)	Base de datos con información actualizada de peligros de accidentes de gran envergadura
Base de Datos Mundial de Accidentes Costa Afuera (WOAD)	Información sobre más de 2600 accidentes costa afuera.
Historiales de derrames de hidrocarburos en los EE.UU. e internacionales, 1967-1991 de la Administración Atmosférica y Oceánica Nacional (NOAA).	Base de datos de historiales de derrames internacionales de > 100.000 bbls y en los EE.UU. de <10.000 bbls.
Base de Datos de Estadísticas Internacionales sobre Derrames de Hidrocarburos (IOSS)	Lista de todos los derrames de gran envergadura ocurridos en el mundo desde 1960.
Base de datos de PIRS del Sistema de Reportaje de Incidentes Contaminantes del Servicio de Guardacostas de los EE.UU.	Datos actualizados sobre hidrocarburos y otros contaminantes descargados en aguas navegables en los Estados Unidos a partir de 1971.
Base de Datos de Líquidos de la Dirección de Transporte de Materiales de los EE.UU.	Más de 4.000 informes sobre petróleo derramado de oleoductos desde 1960.
Base de Datos sobre Derrames de Buques Cisterna del Servicio para la Administración de Minerales de los EE.UU. (MMS)	Información sobre derrames de buques cisterna por sobre 42.000 galones de 1974-1992.
Base de Datos de Reparaciones y Fugas de Oleoductos de MMS del Servicio para la Administración de Minerales de los EE.UU. (MMS)	Información sobre fechas, tamaño, causas y medidas correctivas para fugas de oleoductos
Base de datos TANKER del Instituto Francés del Petróleo	Contiene datos sobre accidentes de buques no militares desde 1995.
Base de datos PLATFORM del Instituto Francés del Petróleo	Contiene datos sobre accidentes de plataformas de perforación, explotación y alojamiento desde 1995.

Anexo 3.0: Métodos alternativos de análisis de riesgos

Escenarios de tipo ¿qué pasaría si?

Los escenarios de tipo ¿qué pasaría si? generalmente utilizan una serie de palabras guía para investigar las condiciones operativas anormales y las situaciones de falla de manera sistemática. En el contexto de una sesión de tormenta de ideas, los expertos (equipo técnico de riesgos) aplican palabras tales como “bajo” y “presión” para procesar diagramas de flujos, procedimientos operativos y mecanismos de control. Por ejemplo, la palabra guía “alto” y “presión” orientaría al equipo técnico a investigar alta presión en los equipos de proceso y la manera en que las condiciones podrían llevar a un derrame de hidrocarburos:

“¿Qué pasaría si se aplicara alta presión al orificio de alivio del tanque?”

Previo a la sesión de tormenta de ideas, el grupo técnico debe desarrollar una lista de palabras guía para incluir circunstancias que sean propias de los tipos de equipos, los objetivos y el alcance de la evaluación de riesgos de un derrame de hidrocarburos. El objetivo de la sesión consiste en generar escenarios de riesgo y en identificar los derrames de hidrocarburos que se generarían bajo condiciones operativas no normales.

La sesión de tormenta de ideas debe estar dirigida por un administrador de riesgos y contar con la participación de todos los integrantes del equipo técnico de evaluación de riesgos. Además, los siguientes dos individuos deben estar presentes en la sesión de tormenta de ideas:

- Debe haber una persona presente que anote todos los temas de discusión relevantes y los comentarios pertinentes del equipo técnico.
- Debe haber un registrador de datos presente que anote las respuestas del equipo técnico a las palabras guías. Las respuestas pueden ser anotadas en forma de apuntes, tablas o bien en formato de hojas de cálculo.

A continuación se presentan ejemplos de palabras guía que se pueden utilizar para orientar las sesiones de tormenta de ideas:

Parámetros de diseño	Alto	Bajo	Ninguno	Inversa
Flujo	Flujo alto	Flujo bajo	Flujo nulo	Flujo inverso
Presión	Presión alta	Presión baja	Presión nula	Vacío
Temperatura	Temperatura alta	Temperatura baja	No hay lectura	Lectura deficiente
Nivel	Nivel alto	Nivel bajo	No hay nivel	Rebose
Ignición	Chispa excesiva	Ignición baja	No hay ignición	
Instrumentación	Lecturas elevadas	Lecturas bajas	No hay lecturas	
Estática	Estática alta	Estática baja		
Profundidad		Profundidad baja	Encalle	

Análisis de la operabilidad de peligros

Un Análisis de Operabilidad de Peligros (HAZOP) consiste en un procedimiento sistemático formal realizado por un grupo de individuos con el conocimiento para revisar el diseño y las operaciones de un sistema potencialmente peligroso. Los peligros son identificados mediante el examen y la identificación de posibles desviaciones de la operación segura normal y la determinación de posibles consecuencias de esas desviaciones. El análisis HAZOP también define las acciones que pueden ser necesarias para mitigar los riesgos. Los estudios HAZOP requieren mucho tiempo pero, por lo general son muy rigurosos en identificar los peligros y en elaborar posibles estrategias de mitigación. Los registros de un estudio HAZOP generalmente se representan en forma de tabla que incluye columnas describiendo lo siguiente:

- Desviación de diseño
 - desviación de la intención del diseño o de las condiciones operativas
- Consecuencias
 - consecuencias de la desviación
- Posibles causas
 - causa de la desviación
- Acción recomendada
 - si es necesario, acciones que podrían mitigar los posibles peligros
- Acción completada
 - determinar si la acción recomendada ha sido completada o no

Desviación del diseño	Consecuencias	Posibles causas	Acción recomendada	Acción completada

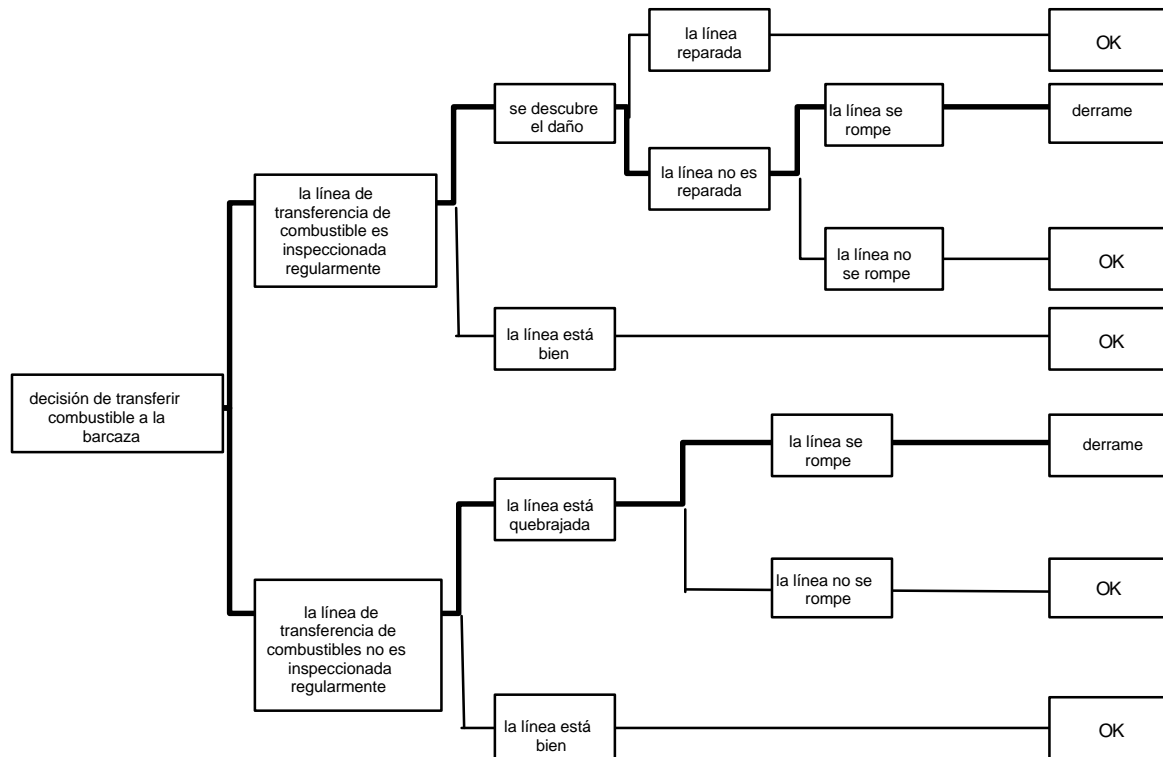
Análisis de árbol de acontecimientos / árbol de fallas

Un *Análisis de árbol de acontecimientos (ETA)* o un *Análisis de árbol de fallas (FTA)* puede utilizarse para demostrar todos los resultados posibles de un incidente no-normal (por ejemplo, un derrame de hidrocarburos), comenzando por un acontecimiento iniciador (por ejemplo, la ruptura de un oleoducto) y proceder con una serie de características protectoras que tienen éxito o fallan a medida que el accidente continúa. Por otra parte, un árbol de acontecimientos puede identificar un incidente no-normal y trabajar en sentido contrario para identificar todos aquellos escenarios que dieron lugar al incidente.

El análisis de árbol de acontecimientos / árbol de fallas sirve para describir las secuencias de eventos que pueden llevar a un derrame, presentando de manera gráfica la relación entre los acontecimientos en la trayectoria de fallas.

El árbol de acontecimiento es más apropiado para tratar acontecimientos iniciadores únicos. Para las evaluaciones de riesgos un árbol de acontecimientos puede resultar más aplicable a un acontecimiento único con un solo equipo o con numerosos equipos de igual diseño (por ejemplo los tanques subterráneos múltiples).

La figura que se presenta a continuación constituye un ejemplo simplificado de un árbol de acontecimientos para derrames potenciales durante la transferencia de combustible a una barcaza. La cadena de eventos conectada por una línea en negrita lleva a la ocurrencia de un derrame.



Arbol de acontecimientos para la transferencia de combustible a una barcaza

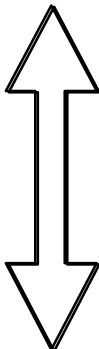
Análisis de modalidad y efectos de fallas

El análisis de modalidad y efectos de fallas (FMEA) es similar al estudio HAZOP pero considera sólo las fallas potenciales de equipos en secuencia de proceso o en bucle de instrumentación. La interacción del trabajador con los equipos no se evalúa directamente. El FMEA documenta todas las fallas potenciales en un sistema y permite la evaluación de riesgos asociados con cada falla a fin de ayudar a prevenir la ocurrencia de altos riesgos. Los registros para un FMEA pueden ser representados en una tabla con columnas que describen lo siguiente:

- Sub-sistema
 - componente que est· siendo examinado
- Modalidad de fallas
 - manera y condiciones en que el componente falla
- Efecto de la falla
 - efecto de la falla
- Clasificación del riesgo
 - frecuencia de ocurrencia y consecuencias
- Notas
 - acciones correctivas posibles

Sub-sistema	Modalidad de falla	Efecto de falla	Indice de consecuencias		Notas
			Frec.	Cons.	

Anexo 4.0: Ejemplo de un índice para evaluar las contramedidas

Alcance de preparación de contramedidas	Ejemplo de alcances de paquetes de equipos posibles	Valor
<p data-bbox="305 472 527 535">Buena preparación de contramedidas</p>  <p data-bbox="305 1638 527 1701">Mala preparación de contramedidas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contiene todo tipo de equipos y materiales para las operaciones de limpieza, incluyendo dispositivos de contención y recuperación, herramientas manuales, equipos de comunicación, vehículos para transporte en tierra y en agua, plantas de iluminación, equipos de seguridad, bombas, mangueras, equipos para la limpieza de playas y equipos auxiliares. • Los equipos están fácilmente disponibles. • Los equipos están bien mantenidos y se conservan limpios y operables. • Amplia fuente de personal capacitado que está familiarizado con los equipos y las operaciones. • Se han establecido planes de contingencia específicos al lugar y éstos son regularmente probados. 	5
	<ul style="list-style-type: none"> • Contiene la mayoría de los tipos de equipos y provisiones para operaciones de limpieza • Los equipos están bien mantenidos y se conservan limpios y operables. • Los equipos deberán ser transportados por 30 minutos al lugar del derrame. • Amplia fuente de personal capacitado que está familiarizado con los equipos y las operaciones. • Se han establecido planes de contingencia específicos al lugar y éstos son regularmente probados. 	4
	<ul style="list-style-type: none"> • Provee capacidad de respuestas a derrames menores. • El transporte y la mano de obra generalmente son provistos por organismos externos o por contratistas privados. • Solamente hay planes de contingencias generales corporativos establecidos. No se ha desarrollado ningún plan específico al lugar. 	3
	<ul style="list-style-type: none"> • Provee capacidad de respuesta a derrames menores. • Transporte y mano de obra disponible dentro de varias horas. • Solamente hay planes de contingencias generales corporativos establecidos. No se ha desarrollado ningún plan específico al lugar. 	2
	<ul style="list-style-type: none"> • Provee equipos para derrames muy pequeños mediante medios manuales. • No se ha elaborada ni probado ningún plan de contingencia. 	1

Anexo 5.0: Ejemplos de listas de verificación de factores que afectan la probabilidad de derrames de hidrocarburos

Oleoductos en tierra

Factores que reducen la probabilidad de un derrame	Sí =0 No =1
<input type="checkbox"/> Antigüedad del oleoducto < de 20 años	
<input type="checkbox"/> Diámetro del oleoducto < de 6 pulgadas	
<input type="checkbox"/> Protección anticorrosiva	
<input type="checkbox"/> Protección catódica	
<input type="checkbox"/> Recubrimiento interno	
<input type="checkbox"/> Recubrimiento externo	
<input type="checkbox"/> Ensayos de “smart pigs”	
<input type="checkbox"/> Inspección periódica de los derechos de vía	
<input type="checkbox"/> Ensayos de ultrasonido periódicos	
<input type="checkbox"/> Baja presión	
<input type="checkbox"/> Geología estable de la superficie	
<input type="checkbox"/> Sin fugas durante los últimos 3 años	

Valor de probabilidad

Tanques subterráneos

Factores que reducen la probabilidad de un derrame	Sí =0 No =1
<input type="checkbox"/> Tanque de acero > de 20 años	
<input type="checkbox"/> Construcción de doble pared	
<input type="checkbox"/> Protección anticorrosiva	
<input type="checkbox"/> Protección catódica	
<input type="checkbox"/> Recubrimiento interno	
<input type="checkbox"/> Recubrimiento externo	
<input type="checkbox"/> Ensayos de integridad	
<input type="checkbox"/> Balances de volumen	
<input type="checkbox"/> Letreros de advertencia colocados en los cruces de carretera	
<input type="checkbox"/> Estructuras sobre la superficie protegidas contra el vandalismo y la colisión vehicular	
<input type="checkbox"/> No hay evidencia de fugas	
<input type="checkbox"/> Producto no es ácido	
<input type="checkbox"/> No está construido en región de suelos ácidos	

Valor de probabilidad

Pozos de bombeo en tierra

Factores que reducen la probabilidad de un derrame	Sí =0 No =1
<input type="checkbox"/> Lubricación adecuada de la caja de estopas	
<input type="checkbox"/> No se necesitan interruptores automáticos de presión	
<input type="checkbox"/> Inspección regular y reemplazo de la goma de rattigan	
<input type="checkbox"/> Interruptores de vibración	
<input type="checkbox"/> Pernos de seguridad	
<input type="checkbox"/> Cables de brida en su lugar en la cabeza del balancín (pozos con caballete de bombeo)	
<input type="checkbox"/> Inspección regular de los cables de brida para determinar si hay desgaste	
<input type="checkbox"/> Capacidad para prevenir reventones incorporada (de ser necesario) en la caja de estopas del cabezal de pozo	
<input type="checkbox"/> Orificios de ventilación de la primera tubería de revestimiento abiertos	

Valor de probabilidad

Instalaciones de producción

Factores que reducen la probabilidad de un derrame	Sí =0 No =1
<input type="checkbox"/> Diques de tamaño adecuado para contener el volumen de los fluidos dentro de los tanques de producción	
<input type="checkbox"/> Tanques de rebose de un tamaño adecuado que se mantienen vacíos en todo momento	
<input type="checkbox"/> Integridad del dique se mantiene de manera adecuada	
<input type="checkbox"/> Volúmenes mínimos de productos químicos almacenados en el lugar	
<input type="checkbox"/> Bombas de productos químicos se revisan diariamente	
<input type="checkbox"/> Controles de “flujo nulo” en bombas de recirculación	
<input type="checkbox"/> Tapones ciegos o bridas de obturación en toda tubería ampliable sin collar o en las válvulas de extremos cerrados	
<input type="checkbox"/> Líneas de producción y de transferencia hacia las instalaciones indican el sentido del caudal	
<input type="checkbox"/> Contención de goteos del empaque provenientes de las bombas de recirculación	

Valor de probabilidad

Anexo 6.0: Ejemplo de una lista de verificación utilizada por empresas financieras y aseguradoras

Factores que aumentan los pasivos ambientales (el riesgo)	Sí =0 No =1
<input type="checkbox"/> Actividades previas realizadas dentro del sitio de la compañía limitadas a actividades no industriales	
<input type="checkbox"/> No hay evidencia de rellenos de tierras, vaciaderos o sumideros en el sitio	
<input type="checkbox"/> No se encuentran presentes ni se utilizan productos químicos peligrosos en el sitio	
<input type="checkbox"/> No se utiliza asbesto, bifenilos policlorados ni sustancias radioactivas ni equipos que contengan éstos	
<input type="checkbox"/> Inventario en el sitio de sustancias peligrosas	
<input type="checkbox"/> Realización de inspecciones de mantenimiento y auditorías ambientales periódicas o programas de capacitación ambiental	
<input type="checkbox"/> Políticas y programas ambientales elaborados y aprobados para eliminar o atenuar el impacto potencial sobre el medio ambiente que podría resultar de los incidentes de derrames de hidrocarburos	
<input type="checkbox"/> Tanques subterráneos sometidos a prueba regularmente	
<input type="checkbox"/> Operaciones para impedir la descarga de efluentes a los sistemas de desagüe municipales o canales de drenaje particulares	
<input type="checkbox"/> Operaciones para impedir la descarga de efluentes directamente a los arroyos, riachuelos o ríos	
<input type="checkbox"/> No hay evidencia de fosas, charcas, lagunas, rellenos sanitarios o materiales peligrosos en propiedades colindantes	
<input type="checkbox"/> Desempeño de la compañía se encuentra libre de infracciones previas o de avisos de contravención de reglamentos ambientales o de seguridad existentes	

Valor de riesgo

Anexo 7.0: Ejemplo de un índice de vulnerabilidad/sensibilidad

Tipo de contornos costeros / orillas (comparable)			
ISA	Costa (estuarino)	Lago (lacustre)	Río (fluvial)
1	Acantilados/murallas verticales expuestos	Acantilados/murallas verticales expuestos	Orillas/murallas verticales expuestas
2	Plataformas expuestas talladas por las olas	Riberas de plataforma en lecho de roca	Resaltos de lecho de roca
3	Playas de arena fina/mediana	Barrancas de sedimento no consolidado	Orillas de sedimento no consolidado
4	Playas de arena gruesa	Playas de arena	Bajíos de arena y riberas de poca pendiente
5	Playas de arena y grava mixtas	Playas de arena y grava mixtas	Bajíos de arena y grava mixtos y riberas de poca pendiente
6	Playas de grava y pedraplén	Playas de grava y pedraplén	Bajíos de grava y pedraplén
7	Marismas expuestas	Marismas expuestas	<i>No hay equivalente fluvial</i>
8	Riberas rocosas protegidas y murallas de mar	Riberas rocosas y murallas de mar protegidas	Barrancas empinadas protegidas
9	Marismas protegidas	Orillas y marismas de barro/arena de poca pendiente, con vegetación, protegidas	Orillas de poca pendiente, con vegetación
10	Pantanos, ciénagas y mangles	Pantanos, ciénagas, fangales y terrenos pantanosos	Pantanos, ciénagas, vegas

(Fuente USEPA y NOAA 1994)

Referencias

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), U.S. Department of Health and Human Services, Toxicological Profiles (varios).
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), Public Health Assessment Guidance Manual, Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, March, 1992.
3. AIChE, Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, 1985.
4. American Institute of Chemical Engineers (AIChE), Center for Chemical Process Safety (CCPS), Guidelines for Hazard Evaluation Procedures, (with worked examples). 2d ed., 1992
5. Amoco Trinidad Oil Company - Risk, Behavior and Clean-up of Major Oil Spills from Amoco Operations off the East Coast of Trinidad, February, 1990.
6. Barnthouse, L.W., Ecological risk assessment and the National Research Council in E.S. Bender and F.A. Jones, eds. Applications of Ecological Risk Assessment to Hazardous Waste Site Remediation, Water Environment Federation, Alexandria, Virginia, 1993.
7. Bartell, S.M., Gardner, R.H. and O'Neill, R.V. - Ecological Risk Estimation, Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 1992.
8. Calabrese, E.J. and Baldwin, L.A. - Performing Ecological Risk Assessments, Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 1993.
9. Calabrese, E.J. and Kostecki, P.T. - Risk Assessment and Environmental Fate Methodologies, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1992.
10. Canadian Department of the Environment/Canadian Coast Guard, Expected Frequency of Spills from Tankers in or Near Canadian Waters, August, 1989.
11. CCME, An Introduction to the Ecological Risk Assessment Framework for Contaminated Sites in Canada, The National Contaminated Sites Remediation Program, Final Report, Canadian Council of Ministers of the Environment, July 1, 1994.

12. Environment Canada, A Framework for Ecological Risk Assessment at Contaminated Sites in Canada: Review and Recommendations, Ecosystem Conservation Directorate Evaluation and Interpretation Branch, Scientific Series No. 199, Ottawa, Ontario, 1994.
13. Environmental Protection Agency (EPA), Technical Guidance for Hazards Analysis, December 1987.
14. Environmental Protection Agency (EPA), Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Human Health Evaluation Manual, Environmental Evaluation Manual, 1989.
15. Environmental Protection Agency (EPA), Carcinogenic Risk Assessment Guidelines, 1976.
16. Environmental Protection Agency (EPA), Federal Register, Guidelines for Carcinogen Risk Assessment; Guidelines for Mutagenicity Risk Assessment; Guidelines for the Health Risk Assessment of Chemical Mixtures; Guidelines for the Health Assessment of Suspect Developmental Toxicants; Guidelines for Estimating Exposures - September 24, 1986.
17. Hester, O.V., Brown, S.R., and Kumanmoto, H, Reliability Engineering and Risk Assessment, Prentice Hall, 1981.
18. IAEA, Guidelines for Integrated Risk Assessment and Management in Large Industrial Areas, International Atomic Energy Agency, Safety Assessment Section, Reference IAEA-TECDOC (Draft) PGVI-CIJC, Vienna, 1995.
19. IAEA, Manual for the Classification and Prioritisation of Risk from Major Accidents in the Process and Related Industries, D. van der Brand, R. Dones, S. Haddad and A. Gheorghe, IAEA-TECDOC-727, Vienna, 1993.
20. ITOPF, A Preliminary Assessment of the Risk of Oil Spills and The State of Preparedness in 13 UNEP Regional Sea Areas. July 1995.
21. Jorgensen, S.E., ed. - Handbook of Environmental Data and Ecological Parameters, International Society of Ecological Modeling, Copenhagen, 1979.
22. Jorgensen, S.E. ed. - Modelling the Fate and Effect of Toxic Substances in the Environment, Elsevier, Amsterdam, 1984.
23. Knowlton, R.E, An introduction to Hazard and Operability Studies, Chemetics International, Inc. 1981.

24. Kolluru, Rao, Bartell, Steven, Pitblado, Robin, and Scott Stricoff, Risk Assessment and Management Handbook for Environmental Health and Safety Professionals, McGraw-Hill Inc. New York, 1996.
25. Marine Industry Group (MIRG) - Evaluation of Capabilities to Respond to 10,000-Barrel Tanker Spills in the Gulf of Mexico, July, 1991.
26. MacKay, D. and Paterson, S. - Mathematical models of transport and fate, pp. 129-172 in G.W. Suter, II ed. Ecological Risk Assessment, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1992.
27. Mills, T. - Environmental Chemistry, pp. 91-127 in G.W. Suter, II, ed. Ecological Risk Assessment, Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1992.
28. National Research Council, edited by P. Hammond and R. Coppock, Valuing Health Risks, Costs, and Benefits for Environmental Decision Making - Report of a Conference, Washington, 1990.
29. National Safety Council, Accident Facts, 1994.
30. OREDA, Offshore Reliability Data Handbook, Pennwell Books, 1985.
31. Panuke/Cohassett Field Development Project: Risk, Behavior and Effects of Oil Spills (IONA Resources Ltd. and Nova Scotia Resources Ltd.) July, 1989.
32. Risk Analysis Journal, Risk Analysis, 1981.
33. Shugart, L.R., Adams, S.M., Jimenez, B.D., Talmage, S.S. and McCarthy, J.F. - Biological Markers To Study Exposure In Animals And Bioavailability Of Environmental Contaminants, pp. 86-97 in R.G.M. Wang et al, eds. Biological Monitoring for Pesticide Exposure: Measurement Estimation, and Risk Reduction, American Chemical Society, Washington, District of Columbia, 1989.

Guías/Informes de ARPEL

1. “Guías para la conducción de auditorías ambientales para operaciones petroleras en tierra de ARPEL: (Guía #9).
2. “Guías para la conducción de auditorías ambientales para las operaciones de la industria petrolera de ARPEL” (Guía #14).
3. “Modelado de trayectorias de derrames de hidrocarburos de ARPEL” (Informe #4).
4. “Guías para la elaboración de mapas de sensibilidad para la planificación y respuesta a derrames de hidrocarburos de ARPEL” (Guía #16).
5. “Guías de administración de derrames de hidrocarburos y planificación de contingencias de ARPEL” (Guía #17).



Misión

Es nuestra misión inducir y ejecutar las acciones que conduzcan a la formación de un ambiente más propicio para el desarrollo de la industria del petróleo y el gas natural en América Latina y el Caribe, promoviendo:

- * La expansión de las oportunidades de negocios y la mejora de las ventajas competitivas de sus asociados.
- * La generación de reglas de juego que favorezcan la competencia en el sector.
- * La explotación oportuna y eficiente de los recursos hidrocarburíferos y el suministro de sus productos y servicios; todo ello de manera compatible con los principios del desarrollo sustentable.

Para cumplir con esta misión, ARPEL trabaja en cooperación con organismos internacionales, gobiernos, entes reguladores, instituciones técnicas, universidades y organizaciones no gubernamentales.

Visión

ARPEL busca consolidarse como una organización de nivel internacional, que por sus pautas, acciones y principios ejerza un liderazgo destacado en el desarrollo de la industria del petróleo y gas natural en América Latina y el Caribe.

Objetivos

- * Fomentar la cooperación entre sus miembros.
- * Evaluar los procesos que conducen a la integración energética.
- * Participar proactivamente en el proceso de generación de leyes y normas reguladoras de la industria.
- * Propiciar acciones que amplíen los campos de actividad y las oportunidades de negocios.
- * Servir como centro de información de la actividad petrolera y gasífera.
- * Desarrollar programas de cooperación internacional.
- * Propiciar una conducta responsable para la protección del medio ambiente que contribuya a un desarrollo sustentable.
- * Cuidar la imagen pública de la industria del petróleo y el gas natural.
- * Estudiar y difundir criterios y opiniones sobre temas importantes para el sector.

Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y el Caribe

Javier de Viana 2345 – CP 11200 Montevideo – URUGUAY

Teléfono: (598 2) 400 6993* Fax (598 2) 400 9207*

E-mail: arpel@arpel.org.uy

Internet web site: <http://www.arpel.org>