

## Guía Ambiental Para el Manejo de Tanques de Almacenamiento Enterrados

### 1.0 PREAMBULO

Esta guía es una de la serie de documentos publicados por el Ministerio de Energía y Minas del Perú. Los

Títulos en esta serie son:

- (1) Guía para Elaborar Estudios de Impacto Ambiental (EIA).
- (2) Guía para Elaborar Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA).
- (3) Guía para la Protección Ambiental de Estaciones de Servicio y Plantas de Venta.
- (4) Guía Ambiental para la Disposición y Tratamiento del Agua Producida.
- (5) Guía Ambiental para el Manejo de Desechos de las Refinerías de Petróleo.
- (6) Guía Ambiental para el Manejo de Emisiones Gaseosas de Refinerías de Petróleo.
- (7) Guía Ambiental para Proyectos de Exploración y Producción.
- (8) Guía Ambiental para la Disposición de los Desechos de Perforación en la Actividad Petrolera.
- (9) Guía Ambiental para el Quemado de Gas en Instalaciones de Exploración y Producción Petrolera.
- (10) Guía Ambiental para el Manejo de Oleoductos.
- (11) Guía para Auditorías Ambientales de Operaciones Petroleras en Tierra.
- (12) Guía Ambiental para el Manejo de Tanques de Almacenamiento Enterrados.
- (13) Guía Ambiental para la Restauración de Suelos en las Instalaciones de Refinación y Producción Petrolera.

Además de estas guías, el Ministerio también ha publicado Protocolos de Monitoreo de Calidad de Aire, Emisiones y de Agua. Algunos de estos documentos fueron preparados específicamente para el Perú, pero la mayoría de ellos fueron adaptados para el país a partir de guías publicadas por la Organización de Asistencia Recíproca Petrolera Estatal Latinoamericana (ARPEL). Se agradece el permiso otorgado por ARPEL para el uso de sus guías en esta forma.

### 2.0 PROPOSITO

Aquellos lectores que estén especialmente interesados en los tanques subterráneos de almacenamiento desde la perspectiva de las estaciones de servicio pueden referirse para obtener información adicional, a otra guía del Ministerio de Energía y Minas titulada "Guía para la Protección Ambiental de Estaciones de Servicio y Plantas de Ventas".

Los Tanques Subterráneos de Almacenamiento se utilizan en muchos sectores de la industria para el almacenamiento de productos de petróleo. Son utilizados por la industria petrolera para la distribución de sus productos, por la industria del transporte, por los agricultores, estaciones de servicio, colegios, hospitales, industria y gobierno.

La filtración de los tanques enterrados es causa de una creciente preocupación de seguridad pública y ambiental. Millones de tanques enterrados se han instalado en el mundo durante más de 60 años. Muchos de estos tanques están hechos de acero al carbón sin protección y pueden corroerse. Esta corrosión penetra eventualmente en el tanque causando una filtración y los productos petroleros ingresan en la tierra. Esto puede dar origen a:

- q vapores volátiles que ingresan a los sótanos y desagües ocasionando riesgos de salubridad y explosión.

- q Las filtraciones pueden introducirse y causar una contaminación considerable del agua subterránea.

- q las filtraciones contaminarán el suelo y el agua de la superficie.

Sólo en Estados Unidos existe un estimado de 2.5 millones a 5 millones de tanques subterráneos. Más de la mitad de éstos contienen gasolina cuyos constituyentes químicos podrían incluir el plomo, benceno, tolueno, bibromuro de etileno, y bicloruro de etileno. Un estimado de un millón de tanques subterráneos tienen más de 16 años y alrededor de 700,000 se estiman estarían filtrando (aproximadamente el 25 %).

### 3.0 PRINCIPIOS BASICOS

Los principios básicos para controlar los flujos de los sistemas de tanques subterráneos de almacenamiento incluyen los siguientes:

- q Iniciar y mantener un sistema de registro que permita controlar el tiempo, el tipo y el rendimiento de los sistemas ya existentes y de los propuestos.

- q Entrenar a los usuarios y a los operadores para mantener sistemas precisos de control de inventario.

- q Realizar una evaluación de sensibilidad del sitio antes de hacer una nueva instalación o reemplazarla.

- q Asegurar que los nuevos tanques se diseñen y fabriquen de acuerdo con los estándares industriales establecidos.

- q Colocar e instalar sistemas de acuerdo con estrictos estándares de instalación para minimizar el riesgo de daño al medio ambiente.

- q Hacer que los propietarios sean responsables creando conciencia entre sus empleados de la seriedad y los problemas de seguridad asociados con los escapes de productos petroleros de los sistemas subterráneos.

q Implementar y emplear estándares estrictos para el cierre de los lugares existentes.

q Implementar y utilizar un conjunto de pautas y estándares para la restauración de lugares contaminados.

#### 4.0 INFORMACION A LA COMUNIDAD

Donde existen instalaciones de tanques enterrados, es importante para las comunidades entender los peligros potenciales de la contaminación de suelos y agua.

Al respecto, se espera que las compañías informen a los líderes y autoridades de la comunidad sobre las técnicas de recuperación que se podrían utilizar para restaurar el medio ambiente cuando se ha producido contaminación en tierras o en aguas bajo su jurisdicción.

La administración de la compañía y los líderes comunitarios deben propiciar un acercamiento cooperativo para la eliminación y prevención de futuros impactos adversos cuando se ha producido contaminación y se está trasladando de una jurisdicción a otra.

Cuando se planifiquen nuevas instalaciones o grandes alteraciones a los sistemas ya existentes, deberán incluirse a las autoridades comunitarias en el proceso de planeamiento, ya que pueden proporcionar asesoría con respecto a la infraestructura local y las condiciones ambientales. Esto también les dará la oportunidad de estar concientes del nivel de evaluación ambiental del lugar que se debe haber realizado antes de la construcción, y de las garantías ambientales que se ofrecerán para proteger el medio ambiente. La compañía deberá iniciar una evaluación ambiental del lugar.

La participación de la comunidad en el proceso de toma de decisiones con respecto a las nuevas instalaciones ayudará a minimizar cualquier litigio subsecuente que se pueda originar a partir de problemas asociados con cualquier sistema de tanques subterráneos de almacenamiento.

Puede registrarse automáticamente usted mismo como usuario de [OtroWeb] si rellena y envía este formulario. Sólo se permiten los usuarios registrados en [OtroWeb]. Elija un nombre de usuario (su apellido por ejemplo) y una contraseña privada. Los dos juntos serán su "llave" para [OtroWeb] desde ahora. Esta información se guardará en una base de datos de registro accesible sólo para el administrador de la red, no para los usuarios normales.

Una de las ventajas más importantes de tener un Web protegido como [OtroWeb] es que los usuarios autorizados no tienen que escribir sus nombres en campos de formulario, por ejemplo cuando envían un artículo a un grupo de debate, ya que el servidor de Web ya sabe quiénes son. Del mismo modo, el resto de usuarios pueden estar razonablemente seguros de que usted envió el artículo y las publicaciones que se le atribuyen, en caso de que alguien pretendiera tomar su identidad.

Después de haberse registrado adecuadamente, la primera vez que intente tener acceso a [OtroWeb], el explorador Web le pedirá que escriba su nombre de usuario y su contraseña. El explorador recordará esta información tanto tiempo como dure la ejecución, de modo que puede tener acceso a cualquier documento en [OtroWeb] sin que se los vuelva a pedir.

#### 6.0 PROCEDIMIENTOS DE INSTALACION

Esta sección comprende los procedimientos para la instalación de los tanques enterrados desde la evaluación previa, la instalación y relleno, la protección catódica, la tubería y la recuperación de vapores e instalación eléctrica. En general, se refiere a la instalación de nuevos tanques, pero también puede utilizarse para desarrollar planes para mejorar los ya instalados. También incluye un debate sobre los tipos de tanques y tuberías. El material de instalación se trata detalladamente debido a que los procedimientos incorrectos son responsables de casi el 30% de escapes de productos de los sistemas de tanques enterrados. Los sistemas sólo deben ser instalados por una persona o contratista calificado con un mínimo de 2 años de experiencia en el campo.

Esta sección se redactó con el fin de ayudar a los propietarios de tanques y a las personas que los instalan a comprender mejor la instalación de un sistema de tanques enterrados. Cualquier ley local, nacional o la especificaciones del fabricante siempre tienen prioridad sobre el material presentado. Esta sección no está elaborada como instrucciones para verificar e instalar los tanques enterrados sino como pautas en las áreas en las que se debe incidir. Se proporcionan detalles específicos en los documentos, tales como los documentos CAN4-XXX indicados en las referencias (Sección 10).

El cuadro 6.1 enumera los diferentes tipos de tanques disponibles, sus características, ventajas y desventajas.

La mayoría de tanques ya instalados son tanques de acero protegidos o plástico reforzado con fibra de vidrio y cuentan con una o dos paredes. Las pautas deberán ser establecidas para los lugares sensibles con alto riesgo ambiental, que requerirán el uso de sistemas de tanques enterrados de doble pared o de contención secundaria.

Antes de la instalación del tanque, los procedimientos más importantes son:

- v Cumplir con los reglamentos locales y nacionales.
- v Leer y seguir las instrucciones del fabricante. El no hacerlo podría ocasionar una falla en el tanque o la tubería y anularía la garantía.
- v Obtener todas las autorizaciones locales y nacionales.
- v Comunicarse con todas las compañías de servicios públicos con el fin de ubicar el agua subterránea, las instalaciones de gas, las instalaciones eléctricas y las líneas telefónicas.
- v Emplear personal de instalación de tanques enterrados calificado y experimentado.
- v Cumplir con el reglamento de seguridad para hidrocarburos
- v Obtener información del lugar relacionado con las condiciones del suelo y de la capa freática.

Cuando el tanque es colocado en su lugar, debe inspeccionarse visualmente para determinar si ha sufrido daños y deberán revisarse todos los documentos antes de aceptar el tanque. Todas las instrucciones de instalación de los fabricantes que se adjunten al tanque deben leerse cuidadosamente antes de la instalación. Los documentos incluirán la fecha de embarque, la compañía de transporte de origen, si se trata de un transbordo o no y si el tanque ha sido examinado antes de salir de la fábrica.

Se debe hacer la prueba neumática del tanque. Con un tanque de una sola pared se debe usar dos manómetros de gran calidad y de baja presión manométrica (0-100 kPa ó 0-15 psi) o un manómetro y una válvula de seguridad asentada a una presión de 40 kPa que estén conectados al tanque. El tanque debe ser presurizado como máximo a

35 kPa (5 psi) o el máximo especificado por el fabricante. Toda la parte externa del tanque y sus conexiones deben cubrirse con agua jabonosa, esto se conoce como "enjabonado". Cualquier filtración de aire sería indicada mediante burbujas en el jabón o un silbido y en el caso de una filtración prolongada, por una pérdida de presión de aire. Se deben tomar precauciones para prevenir la sobrepresurización del tanque que puede ocurrir si el aire introducido se expande con un aumento de temperatura. Esto puede anular la garantía.

En tanques de doble pared, los manómetros de presión se colocan en el tanque interno y externo. El tanque interno está presurizado generalmente a 35 kPa (5 psi). Una subida de presión del tanque externo indica una filtración. El tanque externo se evalúa presurizando con aire desde el tanque interno. El tanque externo nunca debe presurizarse con aire del exterior debido a que esto puede dañar el tanque interno. El tanque externo luego es enjabonado y evaluado de manera similar a los tanques de una sola pared, tal como se indicó anteriormente. Cuando se haya terminado, el aire se deja escapar desde el tanque externo, luego desde el tanque interno. La presión de aire en el tanque externo nunca debe exceder la del tanque interno.

Antes de comenzar con la excavación, deben tomarse todas las precauciones de seguridad necesarias con respecto al establecimiento de barreras de protección, de colocación de señales, de seguridad del personal, etc. Los reglamentos locales de seguridad y salud ocupacionales deben seguirse. La excavación debe prepararse de acuerdo con las especificaciones del fabricante del tanque y los reglamentos locales. Generalmente, el tanque debe enterrarse un mínimo de 90 cms. (3 pies) por debajo del nivel de la tierra y debe haber un mínimo de aproximadamente 30 cms. (1 pie) de arena limpia o cascajo por debajo del tanque y 30 cms. (1 pie) de espacio libre entre el tanque y las paredes de excavación. Los lados de excavación deberán inclinarse de acuerdo con el tipo de suelo (algunas jurisdicciones ponen otras limitaciones de diseño específicas con respecto a la inclinación de los lados de la excavación y éstas deben respetarse). La figura 6.1 muestra el diseño típico de una zanja de tanques enterrados.

Los tanques que están en áreas sujetas a altos niveles de napa freática, de inundación o en áreas en las que se espera que el agua se introduzca en la excavación del tanque, deben fijarse. Como método práctico, si se espera que el agua sobrepase más de 1/3 del diámetro del tanque, entonces el tanque debe fijarse.

Los siguientes son tres tipos de limitaciones suplementarias:

q Añadir peso a la parte superior del tanque, mediante una mayor profundidad de enterramiento o aumentando el espesor de la loza de concreto sobre el tanque a nivel de la tierra. Los fabricantes especifican un enterramiento mínimo y/o una loza de tráfico de concreto cuando no se requiere la fijación.

q Muertos de anclaje - vigas de concreto en ambos lados del tanque. El tanque se sujeta a las vigas en los puntos de refuerzo identificados por el fabricante del tanque.

q Loza de sujeción de concreto. Generalmente posee un espesor de 20 a 45 cms. (8-18") dependiendo del tamaño del tanque, y se extiende más allá de los lados del tanque al menos 45 cms. (18"), y 30 cms. (12") más allá de la parte final del tanque. Los puntos de anclaje deben fijarse bajo el acero de refuerzo en la loza y deben localizarse exactamente

en las ubicaciones recomendadas por el fabricante del tanque. Debe haber un mínimo de 30 cms. (12") de relleno en la parte superior de la loza para un tanque de plástico reforzado con fibra de vidrio y 15 cms. (6") para un tanque de acero.

El fabricante del tanque es quien recomienda el tipo y número de sujetadores y deben ubicarse en puntos específicos del tanque. Con tanques de acero los sujetadores deben ser aislados eléctricamente del tanque y con los de plástico reforzado con fibra de vidrio, se utilizan sujetadores del mismo material. Generalmente, los sujetadores y los fijadores pueden comprarse en la compañía fabricante del tanque. Los sujetadores no deben ajustarse demasiado. La figura 6.2 muestra los típicos muertos de anclaje y las fijaciones de las lozas.

## 6.6 Rellenado

Antes de proceder a rellenar un tanque de plástico reforzado con fibra de vidrio, se debe tomar y registrar la medida de flexión del diámetro del tanque. Para tanques de acero y tanques con revestimiento de fibra de vidrio, el relleno debe ser hecho con material no corrosivo, limpio, bien granulado, de flujo libre e inerte como arena (por ejemplo arena de "concreto"). También se puede utilizar gravilla y grava fina de no más de 2 cms. (3/4"). Sin embargo, deben tomarse en cuenta las instrucciones del fabricante.

Para tanques de fibra de vidrio, se debe utilizar gravilla (entre 3mm. y 18mm. - 1/8" a 3/4"). Todos los materiales para el relleno deben estar limpios, y libres de cualquier material helado o extraño y de piedras.

Después de haber rellenado un tanque de fibra de vidrio hasta un nivel subrasante, debe tomarse y registrarse nuevamente la medida de flexión del diámetro del tanque y compararse con la desviación permitida por el fabricante para tanques enterrados de 1,6 cms. (3/4"), para tanques con un diámetro de 1,8 mts. (6') y 3,0 cms. (1¼") y para tanques con un diámetro de 2,6 mts. (8'). Estas referencias corresponden a los tanques de fibra de vidrio fabricados por tres fabricantes norteamericanos.

La lista de verificación de la instalación proporcionada por el fabricante de los tanques de fibra de vidrio debe llenarse conforme avanzan los trabajos y deben ser enviados al fabricante una vez terminado el trabajo para dar inicio así a la garantía del tanque.

Se debe añadir lastre de hasta 90 o 95% de la capacidad del tanque una vez terminado el proceso de relleno con el fin de reducir la posibilidad del tanque de flotar debido a las condiciones del agua subterránea. El lastre debe ser de agua limpia.

La arena debe ser compactada alrededor de los tanques de acero durante el llenado. La gravilla se compacta por sí sola pero el material debe ser empujado suavemente utilizando el mango redondo de una pala o una tabla de madera de 5 cms (2") por debajo del tanque con el fin de eliminar los vacíos.

Los revestimientos de tejido poroso deben utilizarse para mantener el suelo natural fuera de la excavación del tanque. La figura 6.3 muestra una colocación tipo del tanque de acero.

## 6.7 Contención Secundaria, Contención contra derrames y protección contra sobrellenado (Rebose)

Los tanques de doble pared se encuentran disponibles tanto en acero como en fibra de vidrio. Ambos tipos de tanques poseen contención secundaria.

Se pueden utilizar revestimientos para la contención secundaria para forrar la excavación del tanque y el piso, y las paredes de la zanja de la tubería. El revestimiento de la zanja de la tubería debe estar inclinado hacia el tanque y el revestimiento de la excavación del tanque debe estar inclinado hacia un extremo y se debe colocar un pozo de observación en el extremo más bajo. Se deben tomar precauciones al momento de instalar el revestimiento, ya que podría disimular el posible hundimiento de las paredes laterales de la excavación.

Debe instalarse la protección contra reboses. Esta cierra automáticamente el flujo hacia el tanque cuando éste se encuentra 95% lleno y avisa al operador de la transferencia cuando el tanque está 90% lleno, restringiendo el flujo o haciendo sonar una alarma de alto nivel. El sistema de protección contra reboses consiste generalmente en una válvula de flotador simple. Se deben seguir las especificaciones del fabricante cuando se utilizan estos instrumentos.

#### 6.8 Protección Catódica

Tanto la protección con Anodos de Sacrificio como la Aplicación de Corriente impresa pueden utilizarse con tanques enterrados de acero. El método de Corriente impresa transmite corriente continua a un electrodo enterrado (ánodo), a través del suelo (electrolito), hacia el tanque (cátodo). El sistema debe ser diseñado por un ingeniero en corrosión ya que ésta podría acelerarse si no se diseña e instala correctamente. El sistema puede proteger un área de superficie bastante extensa como un tanque de acero sin revestir o la tubería.

El método de Anodos de Sacrificio utiliza ánodos de un material de mayor potencial (zinc o magnesio) que la del tanque (hierro o acero) y que se corroe más rápido que el tanque. El sistema debe ser diseñado por un ingeniero en corrosión. El tanque debe ser revestido con un material dieléctrico adecuado y debe ser aislado de otras estructuras. Los ánodos deben ser del tamaño y número adecuado para el suelo y deben estar correctamente colocados (ver CAN4- 5603.1,1985) El ánodo debe enterrarse en el suelo natural (no en material de relleno), con la parte superior del mismo aproximadamente 60 cms. (2 pies) por debajo de la zanja de la tubería. Después de haberlo enterrado, el ánodo debe ser empapado con aproximadamente 20 litros (5 galones) de agua con el fin de activarlo. Los ánodos pueden estar conectados a la tubería mediante soldadura o abrazaderas eléctricas y la unión debe estar forrada con un tipo de revestimiento aprobado.

Tal como ya se indicó, existen dos tipos de ánodos, de magnesio y de zinc. Los de magnesio protegerán una extensa área, pero durante un período de tiempo más corto. Los de zinc, por otro lado, proporcionan menos protección que los de magnesio pero durante un extenso período.

Una vez concluido el proceso de rellenado del sistema e instalado el sistema de protección catódica, los ingenieros

en corrosión deberán activar (eléctricamente) y evaluar el sistema para obtener la protección requerida antes de que se coloque concreto o asfalto sobre el sistema.

#### 6.9.1 Tubería de Suministro

El sistema de tuberías de acero que contengan sustancias combustibles o inflamables debe ser adecuadamente diseñada, construida y protegida contra la corrosión de acuerdo con las especificaciones del fabricante. La tubería de acero debe revestirse con un material dieléctrico adecuado que sea compatible con el producto que contiene. Si los ánodos se utilizan para proteger la tubería, la tubería debe aislarse de las bombas, tanques, construcciones, etc. o de lo contrario la duración de los ánodos se reducirá mucho más. Si se utiliza la aplicación de corriente, el aislamiento no es necesario. La tubería es aislada eléctricamente por uniones dieléctricas.

La tubería de fibra de vidrio debe instalarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante. No se necesita revestimiento, ánodos ni monitoreo adicional.

La tubería de doble pared consta de tuberías coaxiales y la tubería externa contiene el escape del producto desde la tubería interna si se produce una filtración. Actualmente, la tubería sólo está disponible en fibra de vidrio y cuesta aproximadamente el doble de una tubería de pared simple.

#### 6.9.2 Válvulas de Cierre de Emergencia

Las válvulas de cierre (corte) de emergencia deben instalarse en la tubería de suministro desde sistemas de bombeo sumergibles. Estas válvulas se utilizan para dispensadores distantes y están diseñadas para cerrarse mediante impacto o calor. La válvula debe fijarse a la isla de bombeo con la sección de corte nivelada con la parte superior de la isla. La válvula de corte deberá controlarse por lo menos una vez al año.

#### 6.9.3 Tubería de Ventilación

Las líneas de ventilación del tanque deben instalarse de acuerdo con las siguientes pautas que generalmente se reconocen como requisitos mínimos. Se deben seguir las normas nacionales y/o locales.

q El punto de descarga de la tubería de ventilación debe estar fuera de las construcciones, más arriba que los orificios de la tubería de llenado, a no menos de 3,6 m (12') sobre la tierra, ubicado de tal manera que los vapores no se acumulen debajo de los aleros o pasen a ubicaciones inseguras, asimismo deberán estar por lo menos a 1,5 m (5') de los orificios de las construcciones.

q Las líneas de ventilación para los líquidos de Clase 1 (gasolina) no deberán tener menos de 5 cm (2") de diámetro interno nominal y 7,5 cm (3") en tanques más grandes.

Todas las líneas de ventilación deben tener una inclinación mínima de 1% (es decir, 1 cm por metro) hacia el

tanque. Las líneas de ventilación que tienen 5 cm (2") de diámetro, menos de 45 m de longitud y no están conectadas a un múltiple, son adecuadas para flujos que corresponden a equipos de descarga de 20 cm (4") de diámetro.

#### 6.9.4 Bombas Sumergibles

Se debe instalar adecuadamente una bomba sumergible. Para esto, se debe proporcionar al fabricante o distribuidor de la bomba, el diámetro interno real del tanque instalado, la distancia hacia la superficie y otras dimensiones importantes. Si no se dan las medidas antes mencionadas se puede ocasionar daño al tanque, pues puede instalarse una bomba que sea demasiado grande.

#### 6.9.5 Conectores Subterráneos Flexibles

Se deben utilizar sólo conectores flexibles específicamente diseñados para esta aplicación. Nunca utilice mangueras de caucho o mangueras de carros tanque como conectores subterráneos. Los conectores flexibles subterráneos que generalmente contienen productos y están en contacto con el suelo deben estar protegidos contra la corrosión. Los conectores de acero deben estar forrados con un adecuado revestimiento dieléctrico, aislado de la bomba, el dispensador, la isla de combustible y del tanque, además de protegidos catódicamente.

Las conexiones flexibles en los sistemas de succión deben estar específicamente diseñadas con el fin de prevenir su colapsamiento. Deben ser como mínimo de 75 cm (30") de longitud, los codos no deben exceder los 90° y el relleno debe ser bien compacto. Los conectores flexibles de construcción de acero doble están disponibles actualmente y se recomiendan. Los fabricantes de tuberías de fibra de vidrio sólo permiten conectores flexibles de uniones flexibles de fibra de vidrio que se puedan utilizar en la tubería. No permiten uniones giratorias de tuberías de acero.

#### 6.9.6 Ubicación de la Tubería

La tubería debe seguir la ubicación indicada por los diseños de construcción a menos que las condiciones actuales del lugar indiquen lo contrario, además debe cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- v Todas las tuberías internas del tanque deberán tener un mínimo de 10 cm (4") desde la parte inferior del tanque.
- v Todas las tuberías deberán ubicarse paralelamente al tanque dentro de la excavación del tanque. Deben evitarse las tuberías que atraviesen el tanque.
- v La tubería debe inclinarse 1 cm por metro (1%) hacia el tanque.
- v Todas las tuberías deberán estar colocadas en una superficie firme del material de relleno.
- v Las zanjas deben ser lo suficientemente anchas como para colocar las líneas de los productos en la misma zanja con suficiente relleno como para proporcionar protección

contra cualquier daño.

v Las tuberías deberán estar separadas por una distancia al menos dos veces mayor al diámetro nominal de la tubería. Deberá haber un mínimo de 15 cms. (6") de material de relleno entre la tubería y el suelo natural.

v Si se utilizan bombas sumergibles con tuberías de acero, debe usarse una zanja separada para el conducto eléctrico, con el fin de mantener el conducto lejos del sistema de protección catódica de la tubería de acero.

v Las secciones de la tubería de fibra de vidrio no se deben tocar.

#### 6.9.7 Relleno de la Zanja de la Tubería

Si se utiliza tubería de fibra de vidrio la zanja puede llenarse con arena limpia o gravilla según las especificaciones del fabricante. En el caso de la tubería de acero, deberá llenarse con arena limpia, inerte, bien compactada y libre de materiales extraños.

La tubería de fibra de vidrio de 5 cm (2") de diámetro debe enterrarse con un mínimo de 37 cm (15") si hay una superficie pavimentada a nivel, o por lo menos a 50 cm (20") si no hay una superficie pavimentada a nivel. La profundidad de entierro máxima para una tubería de fibra de vidrio es de 7 m (23'). La profundidad de entierro mínima para una tubería de acero deberá ser de 37 cm (15").

#### 6.9.8 Verificación del Sistema de Tubería

Después de la instalación y antes de proceder al relleno, el sistema de tubería deberá aislarse del dispensador y verificar si existe filtración. Después del relleno y la pavimentación también deberán realizarse Las verificaciones.

Las tuberías de fibra de vidrio son verificadas hidrostáticamente a 1 ½ veces la presión de operación normal de la capacidad del sistema hasta un máximo de 52 kPa (7½ psi). Se verifica la tubería de acero mediante la presión con aire o con un fluido. Las verificaciones con aire sólo pueden realizarse en instalaciones nuevas. Nunca deben realizarse en sistemas que contengan productos. Luego que la tubería (sólo de acero) se haya aislado del tanque y del dispensador y todas las uniones hayan sido enjabonadas, se aplica durante una hora aire comprimido a 350kPa (50 psi). Las verificaciones hidrostáticas pueden realizarse con el producto, pero ello causaría la contaminación del suelo y riesgo de incendio si existe una filtración. Es mejor hacer la verificación con agua pero toda debe retirarse antes de que el sistema se ponga en servicio. Nuevamente la tubería debe aislarse en ambos extremos.

#### 6.9.9 Combustibles de Alcohol

Para sistemas en los que se almacenan combustibles de alcohol, todos los materiales utilizados deben ser compatibles con combustible que contenga 100% de alcohol y no sólo con las mezclas de 10 a 20% de alcohol. El alcohol es muy corrosivo para el aluminio.

## 6.10 Sistema Eléctrico

La instalación eléctrica debe cumplir con los Códigos Eléctricos Nacionales y debe ser hecha por electricistas autorizados.

Todos los conductos deben ser firmes y autorizados para instalaciones a prueba de explosiones. Los conductos metálicos deben mantenerse lejos de los tanques y tuberías protegidas catódicamente. Los sellos (rellenas con componentes de sellado autorizados) deben utilizarse al comienzo y al final de cada conducto que lleve a un área peligrosa.

Todo el cableado debe ser resistente a la gasolina y petróleo. Un cable de tierra debe conectarse a cada motor eléctrico, así como a cada dispensador y debe ajustarse de forma segura a la parte interna del compartimiento de empalme y del compartimiento del tablero a prueba de explosión.

Todo el cableado debe ser verificado apropiadamente con un megohmetro para determinar el aislamiento entre el cable y el conducto y entre los cables.

## 6.11 Recuperación del Vapor

La recuperación del vapor no es obligatoria y no existen estándares internacionales aceptados. Se incluye en el presente documento sólo como complemento y se considerará con mayores detalles en el futuro. Existen varios sistemas de recuperación del vapor que pueden utilizarse, el Sistema de Balance y el Sistema de Procesamiento de Vapor son los más comunes.

En el Sistema de Balance, los vapores en el tanque receptor regresan al tanque dispensador. Este es el sistema más utilizado. En el Sistema de Procesamiento de Vapor, los vapores son quemados, condensados por refrigeración o comprimidos. Este método se utiliza con frecuencia en estaciones de servicio y terminales de distribución.

## 7.0 MONITOREO DE TANQUES EN SERVICIO

Dos beneficios de la detección de filtraciones son obvios cuando se consideran los altos costos de la limpieza y tratamiento de los productos filtrados, costos que pueden aumentar rápidamente si la filtración no se detecta durante algún tiempo. El costo de reemplazo de un tanque que está filtrando o está corroído ("casi filtrando") es de aproximadamente US\$ 25,000, pero el costo de recuperación del suelo y el agua subterránea de un tanque que está filtrando puede exceder un millón de dólares que aumenta si la filtración continua. Una propuesta conservadora con respecto al reemplazo de un viejo tanque y el monitoreo de una filtración continua es claramente aconsejable. El

material aquí presentado es una adaptación del EPS (por sus siglas en inglés (1989)) - Servicio Canadiense de Protección Ambiental.

Generalmente, se utilizan cuatro propuestas para la detección de las filtraciones ya sea en forma individual o combinadas:

- s Control de inventario
- s Verificación periódica de los tanques
- s El uso de sensores y equipos instalados de detección de filtraciones
- s Pozos de monitoreo

El control de inventario es quizá el método más simple y barato de detección de filtración del tanque y debe utilizarse como un programa mínimo. Se mide el volumen del producto en el tanque, generalmente con una varilla para medir la profundidad, y se compara con el volumen entregado y vendido. Se utiliza con frecuencia una pasta indicadora de agua en la varilla para determinar si el agua está acumulada en el tanque, que por sí mismo, es un signo posible de filtración. Los volúmenes del producto se miden sobre un periodo de alrededor de un mes después del cual se realiza una evaluación de inventarios.

El principal problema ligado con el control de inventario es la exactitud con la que se puede medir un gran volumen de líquido volátil. Esta se ve afectada por cambios en la temperatura en el tanque y en el producto entregado. Una diferencia de un grado produce un error de 22 l en un tanque de gasolina de 20,000 l (0,11% de error). Otro problema es la exactitud de la medición del tanque. La medida de la varilla es la técnica más utilizada para medir tanques. El error humano al leer la varilla, asumiendo la utilización de una metodología estándar y apropiada, es de aproximadamente 1 a 13 mm ó 13 a 218 l en un tanque de 20,000 l (0,06 a 1,1%). La exactitud requerida en los contómetros de entrega es 0,5% ó 100 l en un tanque de 20,000 l. Un error total de 1,7% (340 l para un tanque de 20,000 l) es por consiguiente, posible con sólo un cambio de 1 grado en las lecturas de la temperatura y es mayor si la diferencia en la temperatura aumenta.

Al utilizar la prueba de inventario, las filtraciones del tanque deberán aparecer en un mes si son pequeñas (es decir < 0,5% del volumen del tanque) y más pronto si son grandes. La investigación de las discrepancias mayores de 0,5%, entre las ventas totales medidas y las medidas físicas de inventario del tanque, deben realizarse diariamente y deben incluir la verificación de la calibración de los medidores de bombeo y determinación de la posibilidad de derrame durante la entrega del producto o la posibilidad de robo. Cuando no se está seguro, debe verificarse la integridad de los tanques y las tuberías.

Una prueba de inventario es la prueba "Warren Rogers". El operador de tanque llena un cuadro en el que se

presenta el suministro y uso del producto. La evaluación mensual de los datos indican el estado del tanque.

Estos se realizan "según sea necesario" y generalmente requieren que el tanque deje de funcionar unas horas o unos días. A pesar que la prueba de "hermeticidad" no detectará una filtración en el momento en que ésta ocurra, es parte integral de un programa efectivo de detección de filtraciones. La Asociación Nacional de Protección contra Incendios de Estados Unidos requiere que los controles puedan detectar filtraciones tan pequeñas como de 0,19 Lts./hr. reajustadas según las variables. Estas variables son los cambios de temperatura del producto, la deflexión final del tanque, la estratificación del producto, y los bolsones de vapor.

El coeficiente de expansión térmico promedio para la gasolina es de 0,0011/°C comparado con 0,0002 para el agua a 17,2°C. Si el coeficiente de expansión térmica no se toma en cuenta durante el control del tanque, un cambio de temperatura en el producto puede producir una falsa indicación de ganancia o pérdida durante el control. Una filtración puede específicamente ocultarse por la expansión volumétrica del producto.

Existen varios métodos de prueba comercial actualmente disponibles, sin embargo, éstos no podrían estar fácilmente disponibles en el Perú (Véase Cuadro 7.1.)

Mientras que un control eficiente de filtración indica la situación de un tanque subterráneo, serán necesarios los sensores y equipo de detección para el monitoreo continuo. Puede utilizarse el monitoreo intersticial en los tanques de doble pared que utilizan sensores de presión o de fluido para la detección de filtraciones. Otros métodos incluyen el uso de rejillas de alambres, pozos de observación, tubos en U y sensores alrededor de la ubicación del tanque. Existen varios criterios que deben considerarse al seleccionar un sistema, incluyendo costos, si éste ofrece una detección intermitente o continua, sensibilidad, efecto de los valores de fondo normales en el dispositivo, resistencia a falsas alarmas, facilidad de mantenimiento, si el puede ser instalado como una mejora y, las otras funciones que podrían ofrecer como por ejemplo: protección contra robo. Varios de los tipos de detectores están enumerados en el Cuadro 7.2 y algunos equipos comercialmente disponibles están enumerados en el Cuadro 7.3.

#### 7.4.1 Tubería Presurizada (Bombas Sumergibles)

Un detector automático de filtración de línea debe indicar al operador la presencia de una filtración restringiendo o cerrando el flujo del producto a través de la tubería o por medio un dispositivo que haga sonar una alarma visible o audible. Estos dispositivos sólo pueden ser utilizados si detectan filtraciones de 0,11 litros por hora a presión de línea de 69 kPa en una hora. El detector de filtración debe ser verificado anualmente de conformidad con los requisitos de los fabricantes.

Debe realizarse anualmente, una prueba de hermeticidad de la línea para detectar una filtración de 0,38 ltr/hr a 1½

veces la presión de operación, o pueden hacerse monitoreos mensuales utilizando uno de los siguientes métodos si están diseñados para detectar una filtración de cualquier parte de la tubería subterránea que contenga productos.

- s Monitoreo de vapor.
- s Monitoreo de agua subterránea
- s Monitoreo intersticial
- s Otros métodos autorizados

#### 7.4.2 Tubería de Succión

Las tuberías por debajo del suelo deben tener una pendiente al menos de 2% o 2 cm por metro ( $\frac{1}{4}$  por pie) de tubería de manera que el contenido de la tubería drene de vuelta al tanque de almacenamiento si la succión se deja de realizar. Una válvula de retención (check) simple ubicada directamente debajo y tan cerca como sea posible a la bomba asegurará que el producto drene nuevamente hacia el tanque desde la línea cuando la bomba de succión no está funcionando.

Para 1993, todos los tanques enterrados en Estados Unidos deben tener sistemas autorizados de detección de filtraciones. Nótese que los requisitos locales pueden ser más estrictos que los requisitos nacionales. Siempre se debe determinar qué requisitos se cumplirán.

#### 7.5 Pozos de Monitoreo

Este método detecta líquidos o vapores en el relleno que bordea el tanque. En instalaciones donde el agua subterránea está casi sobre la parte inferior del tanque, se utiliza un detector de líquido (ver Cuadro 7.3) que flota en la superficie de la napa freática en un pozo de monitoreo (ver Figura 9.4) ubicado hidráulicamente aguas abajo del tanque o en varias ubicaciones alrededor del sistema del tanque. Si ocurriese una filtración, el petróleo flota en la superficie del agua subterránea en el pozo, y puede detectarse por el monitor. En instalaciones donde el agua subterránea está por debajo o no muy cerca al tanque, puede instalarse un detector de vapor en un pozo seco en el relleno. Alternativamente, se pueden dirigir los vapores desde uno o varios de esos pozos secos y monitoreados a una ubicación central. Este sistema es moderadamente costoso, y puede detectar sólo grandes filtraciones (12 litros por hora o más grandes)(Cheremisinoff, y otros, 1990).

Los pozos de monitoreo también pueden utilizarse para vigilar el alcance de la contaminación.

Se podrían necesitar amplios datos geológicos para el monitoreo de agua subterránea, incluyendo la geología de la superficie (topografía y tipo/profundidad del sobrecargado), litología acuífera y tipo de formación geológica (estratigrafía local y estructura).

## 8.0 CIERRE DE SISTEMAS DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO ENTERRADOS

La siguiente sección describe los requisitos operativos básicos para minimizar cualquier potencial contaminación en el medio ambiente durante el cierre y/o retiro de un sistema de tanque subterráneo de almacenamiento. Además, cuando se cierra una instalación de tanques enterrados, se recogen muestras de suelo y agua para determinar si ha ocurrido algún tipo de contaminación. Si así hubiese sucedido, se debe limpiar el lugar hasta obtener un nivel estándar aceptable. Los ejemplos y procedimientos para la recuperación de daños en el lugar en cuestión están contenidos en la Sección 9 de esta guía.

### 8.1 Cierre Temporal

El cierre temporal se define como un período de 3 a 12 meses para los fines de esta guía.

#### 8.1.1 Requisitos Mínimos

- q Todas las líneas de ventilación deben dejarse abiertas.
- q Todas las demás líneas deben ser cubiertas y aseguradas con cobertores de bombas y de orificios con el fin de prevenir su uso indebido o ilegal.
- q Cualquier producto debe extraerse del tanque y de las tuberías interconectadas. Si esto no es posible debido a la antigüedad, tipo o peculiaridades de la construcción de la instalación y más del 3% del producto permanece en el sistema, la detección de filtraciones debe ser continua y verificada regularmente (30 días).
- q Desconecte el suministro de energía a los dispensadores de productos o a la isla dispensadora cuando se han retirado los dispensadores.
- q Asegúrese que se mantenga el suministro de energía en el sistema de protección contra la corrosión cuando sea necesario.
- q Notifique a los cuarteles de bomberos locales y a la autoridad encargada de las emergencias y/o de los asuntos ambientales sobre la situación de cierre de la planta.

### 8.2 Cierre Permanente

En varios casos de cierre permanente, se prepara el lugar para venderse y usarse en otros fines. En este caso, el sistema de tanque de almacenamiento enterrado se retira, el lugar se limpia y se procede a la recuperación para restituir el lugar a su condición anterior o a estándares aceptables, libres de contaminación y estéticos. Así, se permite la transferencia de la propiedad del lugar sin temor alguno de juicios costosos en el futuro. Un planeamiento de la operación de cierre debe tomar en consideración una evaluación del impacto ambiental resultante y las normas para la protección ambiental dentro de los requisitos del programa de recuperación de cierre del lugar.

Existe la posibilidad de un incidente de contaminación que pueda presentarse en cualquier etapa de los procedimientos de cierre y por lo tanto es esencial un buen plan de cierre. La administración de la compañía que es propietaria del tanque enterrado o el contratista, que esté realizando la operación de cierre, debe asegurarse que todos los empleados sean calificados para los trabajos que se les encomienden y sean conscientes de los requisitos de prevención de la contaminación y de seguridad.

La administración también debe asegurarse que se hayan cursado todas las notificaciones a los cuarteles de bomberos locales, a las autoridades sanitarias y ambientales, de manera que su ayuda esté disponible inmediatamente en caso de que suceda algún incendio, filtración de gas o contaminación. Se necesitarán permisos y autorizaciones en algunas jurisdicciones, antes de empezar cualquier actividad de cierre y éstos deben solicitarse cuando se necesiten.

#### 8.2.1 Cierre de Tanques Subterráneos de Almacenamiento por Traslado

Cinco pasos básicos:

- i) Retire el producto del tanque
- ii) Retire todos los vapores de la parte interna del tanque.
- iii) Limpie el tanque de lodo, productos sobrantes y residuos.
- iv) Elimine todo el lodo, residuos del producto y enjuagues del tanque y deséchelos de una manera segura para el medio ambiente.
- v) Planifique el traslado y disposición del suelo y/o aguas contaminadas de una manera ambientalmente aceptable.

Otros factores importantes con respecto a la prevención de accidentes y eliminación de los problemas de contaminación son los siguientes:

- i) Evacúe todos los vapores inflamables del tanque ya sea purgándolos o utilizando un gas inerte.

Purgándolos

s Extraiga los vapores a través del orificio a 3,5 m por encima del nivel de la tierra.

s Utilice un Indicador de Gas Combustible (IGC) y asegúrese que el Nivel de Explosividad más bajo (LEL), por debajo de 10% antes de entrar o cortar el tanque.

Gas Inerte

Utilizando un Indicador de Oxígeno (IO), asegúrese que el nivel de oxígeno permanezca debajo de 5% durante las operaciones de cierre.

- ii) Enjuague tres veces el tanque antes de trasladarlo.

iii) Verifique las normas de transporte locales antes de trasladar el tanque, la tubería y los accesorios.

iv) En caso de no existir normas, utilice los siguientes procedimientos:

s Si se inertizó el tanque con un gas no combustible, tape todos los orificios y dejar un tapón que tenga un hueco de 3mm para ventilar cualquier elevación de presión ocasionada por un aumento de temperatura.

s Si se purgó el tanque para que el espacio de agua sea seguro, retire todos los taponos y aditamentos de la parte superior del tanque para permitir el máximo movimiento de aire a través del tanque. Cualquier regeneración de vapores deberá desfogarse hacia la atmósfera.

v) Retire el tanque y las tuberías del lugar tan pronto como sea posible luego de que esté sin vapor. Cuando se traslade el tanque, la parte superior deberá permanecer verticalmente y con los orificios tapados en la parte superior.

### 8.2.2 Asuntos de Seguridad

El área inmediata que bordea el lugar de cierre debe ser cerrada con letreros y obstruida con barreras para prevenir la entrada al lugar de personas no autorizadas.

El manejo del equipo de seguridad y las prácticas en el lugar de trabajo deben ser estrictamente observadas con el fin de minimizar la posibilidad de accidentes que podrían tener un impacto ambiental adverso. Se debe prestar atención especial en evitar descargas eléctricas estáticas a través de la conexión o puesta a tierra de los tanques, bombas y mangueras y el mal uso de las herramientas eléctricas y suministro de energía. Utilice sólo herramientas no chispeantes cuando se puedan presentar vapores explosivos.

### 8.2.3 Drenaje de Productos de Tanques y Líneas

Todos los productos deben ser drenados de las tuberías hacia el tanque y del tanque, antes que este tanque sea retirado de la excavación. Esto requiere atención especial cuando el sistema incluye bombas sumergibles o cuando una válvula de retención está localizada dentro del tanque, haciéndola inaccesible. Se requerirán bombas, mangueras y accesorios suplementarios para retirar completamente el producto y/o lodo, tomando todas las precauciones necesarias contra el fuego o explosión.

### 8.2.4 Monitoreo del Lugar - Vapores

Como medida esencial de precaución del lugar, y para detectar vapores que escapan a lugares vecinos, se debe realizar, con un indicador de gas combustible (IGC), un monitoreo frecuente para determinar la presencia de vapores del producto. El IGC debe calibrarse de acuerdo con el tipo de producto y monitoreo realizado dentro de la excavación (tanques o tuberías) y alrededor del perímetro del lugar. El monitoreo debe continuar hasta que la operación de cierre concluya. Las indicaciones de concentraciones de vapor deben informarse inmediatamente al administrador o supervisor del lugar.

La dispersión de vapores de petróleo es radicalmente afectada por el clima y la ubicación del lugar. Los vapores de petróleo tienden a establecerse en áreas bajas, parte inferior de los tanques, excavaciones y drenajes. Esta condición se agrava por el calor, humedad o falta de viento.

#### 8.2.5 Cierre en el Lugar

El cierre en el lugar es un método menos conveniente que el traslado, pero es inevitable en algunos casos e implica las siguientes etapas:

- i) Completar una evaluación ambiental para determinar si se ha producido algún tipo de contaminación.
- ii) Desarrollar un plan para el cierre y cualquier acción de recuperación que se requiera.
- iii) Retirar el lodo del producto y residuos del tanque y tuberías.
- iv) Tapar todos los orificios, excepto los de ventilación y llenado.
- v) Purgar/Inertizar el tanque y las tuberías de vapores inflamables.
- vi) Enjuagar tres veces el tanque.
- vii) Llenar el tanque con material inerte, como arena que fluya libremente, pasta aguada de cemento, lodo de perforación limpio, etc.
- viii) Retirar y tapar la línea de ventilación, además de quitar todas las tuberías existentes.
- ix) Notificar a los cuarteles de bomberos locales, a la autoridad ambiental y a la autoridad encargada del registro sobre el cambio de estado del sistema de tanque de almacenamiento enterrado.

## 9.0 RECUPERACION

### 9.1.1 Generalidades

La evaluación de la sensibilidad del lugar se utiliza para determinar los criterios de recuperación apropiados para un lugar de instalación del tanque de almacenamiento donde se haya producido la filtración del producto o de los vapores o donde el tanque haya sido trasladado y se requiera una limpieza/recuperación del lugar. El sistema de evaluación de la sensibilidad del lugar clasifica un lugar de acuerdo con su sensibilidad (alta, moderada o baja). Esto se hace en base a un número de factores específicos del lugar que gobiernen la probabilidad del impacto y la sensibilidad receptora (ver Figura 9.2).

Las dos vías de impacto en las personas consideradas son la inhalación e ingestión. La sensibilidad receptora y la probabilidad de impacto se evalúan como alta, media o baja, basada en los factores presentados en esta sección.

Los rangos se combinan para dar una evaluación de la sensibilidad del lugar tanto para el impacto de inhalación como para el de ingestión. El impacto en la agricultura y otros efectos ambientales posibles se examinan y se utilizan como modificadores para llegar a un nivel final de evaluación de la sensibilidad. (MUST, 1991).

## 9.1.2 Evaluación de la Sensibilidad de Ingestión

### 9.1.2.1 Sensibilidad Receptora

La sensibilidad del usuario de una capa acuífera o de un cuerpo de agua superficial, hacia la contaminación subterránea, depende del tipo del uso de agua y se muestra en el siguiente cuadro. Nótese que sólo el abastecimiento doméstico comprende la ingestión de agua, otros usos se rigen por la estética, toxicidad de los peces, etc.

Receptor

Agua subterránea utilizada, o Alta  
con uso potencial, para  
abastecimiento doméstico

Agua superficial utilizada Alta  
para abastecimiento doméstico

Agua superficial utilizada Media  
para entretenimiento,  
irrigación o sustento de la  
vida acuática

Agua subterránea para Media  
irrigación, etc.

Agua subterránea o Baja  
superficial sin uso potencial  
ni actual

Sensibilidad

Alta

Alta

Media

Media

Baja

#### 9.1.2.2 Probabilidad de Impacto

La probabilidad de impacto en receptores de agua subterránea o agua superficial que resulten de la contaminación subterránea depende de la posibilidad de migración del lugar hacia el punto de impacto. Los factores que rigen la probabilidad de impacto incluyen lo siguiente:

a) Migración Vertical

- s Índice de infiltración (Precipitación, drenaje de superficie y cubierta, etc).
- s Naturaleza y permeabilidad de los suelos superiores (es decir, arena/cascajo, sedimento/arcilla, roca triturada).
- s Profundidad de la napa freática.
- s Presencia de agua subterránea aislada situada por encima de la napa freática servible.
- s Profundidad de la napa freática servible.
- s Componente vertical de la gradiente hidráulica (magnitud y dirección)

b) Migración lateral

- s Distancia hacia el receptor
- s Dirección del receptor desde el lugar con respecto a la dirección del flujo del agua subterránea.

s Naturaleza y permeabilidad de la capa freática (es decir, arena/cascajo, sedimento/arcilla, roca triturada).

s Naturaleza y permeabilidad de los suelos de la napa freática (si es diferente del mencionado).

Las probabilidades totales de impacto se evalúan considerando el potencial combinado de la migración lateral y vertical para cada unidad hidrogeológica pertinente.

#### 9.1.2.3 Evaluación de la Sensibilidad

El rango de la sensibilidad del lugar con respecto a la ingestión, inhalación, o algún otro impacto de agua subterránea se obtiene a partir del siguiente cuadro.

#### RANGO DE LA SENSIBILIDAD DEL LUGAR - INGESTION

A) Sensibilidad Receptora Alta Media Baja

Alta

Media

Baja

B) Probabilidad de Impacto

Alta

Media

Baja

Alta

Alta

SSa

AT/PTb

AT/PTb

AT/PTc

NRc

NRc

NRc

a Podrían necesitarse criterios de limpieza específicos del lugar.

b Se requiere una limpieza apropiada dependiendo de

AT=Toxicidad acuática (si está disponible)

PT=Fitotoxicidad (si está disponible).

c En general, no se necesita una respuesta de limpieza.

### 9.1.3 Evaluación de la Sensibilidad de Inhalación

#### 9.1.3.1 Sensibilidad Receptora

La sensibilidad receptora a la inhalación de vapor puede relacionarse con el uso del terreno, tal como se aprecia en el siguiente cuadro:

Receptor	Sensibilidad
Residencial/Institucional	
(Interno)	
Comercial/Industria/Público	
Externo	Alta
	Media
	baja

El terreno residencial, en el contexto anterior, comprende residencias propiamente utilizadas como espacios de vivienda ocupadas durante estancias o permanentemente. Las propiedades institucionales incluyen hospitales, guarderías, colegios, centros de cuidado, iglesias y cárceles.

Los terrenos comerciales incluyen cualquier propiedad utilizada para actividades de negocios comerciales. Se considera que la propiedad industrial comprende las instalaciones de procesado o fabricación no accesibles al público en general. Los terrenos de uso público, en el anterior contexto, se refiere a las instalaciones recreacionales y otros edificios que están abiertos al público y que no constituyen instalaciones comerciales.

Las zonas de propiedad vacías para cualquiera de los anteriores usos se consideran como si fuesen las respectivas propiedades ocupadas.

#### 9.1.3.2 Probabilidad de Impacto

Los vapores pueden originarse en suelos contaminados o en el mismo producto, así como de agua subterránea contaminada. Los factores que afectan los procesos de transporte son diferentes en cada caso, es así que la probabilidad de impacto debe evaluarse por separado.

- a) Vapores provenientes de suelos contaminados o productos libres.

La probabilidad de impacto se determina como alta, media o baja de acuerdo a los factores que afectan el

transporte de vapores desde la fuente hasta cada receptor potencial. Estos factores comprenden:

- v El tipo de suelo, la permeabilidad y la continuidad de las capas.
  - v La distancia desde la fuente hasta el receptor.
  - v La profundidad de la zona contaminada.
  - v El grado de ventilación del suelo natural.
  - v La presencia de estructuras enterradas y los conductos de servicios.
  - v El tipo de cimentación del edificio (loza a nivel, sótano).
  - v El material de cobertura de la superficie de la tierra (si se trata de un receptor externo).
  - v La profundidad de la napa freática.
- b) Vapores provenientes del agua subterránea contaminada

Los factores que rigen la probabilidad de impacto en este caso, son similares a los que rigen la migración vertical y lateral del agua subterránea, además de los factores que reflejan la capacidad de los vapores para migrar hacia arriba desde el agua subterránea hasta el receptor. Estos incluyen el tipo de suelo, la profundidad del agua subterránea debajo de la ubicación del receptor y el tipo de cimentación del edificio.

#### 9.1.3.3 Evaluación de la Sensibilidad

El nivel de la sensibilidad del lugar (alto, moderado o bajo) con respecto al vapor o impacto de inhalación se obtiene combinando la sensibilidad del receptor con la probabilidad de impacto, tal como se muestra posteriormente.

Debido a que las dos fuentes de vapor consideradas tienen diferentes implicancias con respecto a los niveles de limpieza, el rango de la sensibilidad del lugar debe establecerse tanto para los vapores originados en el suelo como para los que se originan en el agua subterránea.

#### RANGO DE LA SENSIBILIDAD DEL LUGAR - INHALACION (SUELO)

##### A) Sensibilidad Receptora

Alta  
Media  
Baja

##### B) Probabilidad de Impacto

Alta  
Alta  
Moderada  
Moderada  
Media  
Moderada

Moderada  
Baja

Baja

Moderada  
Baja

Baja

#### RANGO DE LA SENSIBILIDAD DEL LUGAR - INHALACION (AGUA SUBTERRANEA)

A) Sensibilidad Receptora  
Alta  
Media  
Baja

B) Probabilidad de Impacto

Alta

ModeradaAlta  
Moderada  
Baja

Media

Moderada  
Moderada  
Baja

Baja

Baja  
Baja  
Baja

#### 9.1.4 Relación de la Sensibilidad del Lugar con el Nivel de Limpieza Requerido

El nivel de la sensibilidad del lugar como alto, moderado o bajo en base a la evaluación establece el requisito general para la recuperación directamente a través del correspondiente nivel de limpieza (I, II o III respectivamente). Se presentan criterios propuestos de la concentración de contaminante correspondiente a los niveles I, II o III para el suelo y el agua subterránea en los cuadros 9.1 y 9.2.

La clasificación de la sensibilidad del lugar correspondiente a una vía de exposición puede no necesariamente establecer niveles de limpieza tanto para el suelo como para el agua subterránea. El nivel de limpieza del agua subterránea que se implemente, se regirá por la sensibilidad a la ingestión de agua subterránea y la inhalación de vapores del agua subterránea pero no por la inhalación de vapores del suelo. Por otro lado, el nivel requerido de limpieza del suelo se regirá por los tres escenarios (o el más crítico).

Estos criterios se seleccionaron a partir de una revisión detallada de las guías, criterios y prácticas en vigencia en varias jurisdicciones de Alberta - Canadá (MUST, 1991).

Un tanque subterráneo de almacenamiento con filtraciones presenta problemas especiales para su limpieza porque el contaminante se "derrama" subterráneamente. Los equipos de respuesta tradicionales tales como dispersantes, desnatadoras y absorbentes con frecuencia no son aplicables. Para la mayor parte, la acción inicial comprende la localización de la fuente de filtración y el descubrimiento de la extensión del derrame después de tomar las precauciones necesarias para proteger la vida y la propiedad. Esto puede ser algo complicado ya que el contaminante podría trasladarse varios kilómetros subterráneamente a través de suelos y rocas porosas, zanjas llenas con material poroso, tuberías, conductos, o a través de tuberías de desagüe.

Existen tres etapas principales que se deben seguir para localizar la fuente y la extensión de un derrame subterráneo. Primero, se debe obtener información sobre las propiedades fisicoquímicas (densidad, solubilidad, volatilidad, etc) del contaminante, así como su composición química ya que estas propiedades podrían afectar la manera en que el contaminante se traslada. Los hidrocarburos volátiles pueden causar problemas particulares ya que la acumulación de vapores en la tierra y en los edificios algunas veces crean peligros sanitarios y de explosión.

El segundo paso abarca la determinación de las fuentes del contaminante. En el Cuadro 9.3 se enumeran algunas fuentes potenciales que se deben revisar. Sin embargo, se deben considerar dos factores importantes. Primero, los líquidos pueden moverse de una manera muy lenta cuando se encuentran bajo tierra, o algunas veces ni siquiera se mueven a menos que la napa freática se eleve. Por lo tanto, puede transcurrir un período considerable entre la ocurrencia de una filtración y la aparición del líquido o vapor. Tomando ello en consideración, se debe registrar toda historia o evidencia de fuentes potenciales en un informe de investigación sin tener en cuenta hace cuánto tiempo ocurrió la filtración. No se debe eliminar ninguna fuente potencial basándose en el tiempo hasta que el análisis de los datos disponibles lo justifique.

El tercer paso consiste en la determinación del intemperismo del producto, incluyendo: la vaporización de la fracción volátil (olefinas, parafinas); la disolución de algunos componentes en el agua, especialmente compuestos aromáticos tales como: benceno, tolueno y xileno, en la gasolina; la descomposición del hidrocarburo por las bacterias; y la oxidación de las olefinas en presencia de los rayos solares. El intemperismo puede hacer que la identificación del producto resulte difícil, pero también puede proporcionar información sobre cuánto tiempo un producto conocido ha estado en la tierra, así como la dirección de la migración.

Para simplificar la investigación, hay algunas preguntas claves que se deben realizar (Cuadro 9.4). Si la investigación no revela ninguna fuente potencial, los propietarios u operadores de tanques que se encuentran en el área pueden ayudar revisando el equipo y el área que está alrededor de su establecimiento. Cuando la cooperación

no está disponible, se puede necesitar la ayuda de las autoridades gubernamentales o municipales.

Cuando se examinan las instalaciones y el equipo se deben buscar varias señales. Un suelo saturado u oscurecido y concreto manchado o desintegrado indican repetidos derrames. Se debe revisar tanques de superficie, tuberías de llenado, otras tuberías expuestas, equipo de bombeo, drenaje de pisos y tanques colectores para buscar señales que puedan sugerir una filtración o derrame por rebose. Sin embargo, si un tanque subterráneo está filtrando, la única manera de determinarlo puede ser mediante una prueba realizada al tanque o la excavación de éste.

Si el rastreo de los contaminantes nos lleva hasta una propiedad que contiene tanques subterráneos, se debe realizar una prueba a los tanques. Las pistas que se deben buscar en la tierra y las áreas adyacentes incluyen apariencias brillosas en corrientes y cuerpos de agua, vegetación dañada, vapor en desagües y otras cavidades subterráneas, así como signos de filtración de productos a través del suelo en las excavaciones. Si se detecta una filtración, el propietario del tanque debe vaciar inmediatamente todo el producto de su tanque y suspender el uso del tanque.

Una vez que se ha determinado una filtración, se necesita llevar a cabo una investigación hidrogeológica. La selección del equipo de perforación que se utilizará dependerá del material de la tierra, de la profundidad de los agujeros de prueba y de la maniobrabilidad del equipo. El Cuadro 9.5 indica los dispositivos de medición de aguas subterráneas que se encuentran disponibles (EPS, 1989).

A menudo, la fuente de filtración no es muy aparente. Se puede utilizar las investigaciones hidrogeológicas y las medidas de conductancia para determinar su ubicación. Estos métodos también facilitarán el rastreo de la extensión de la contaminación. Primero, se debe obtener un mapa geológico del área. Luego se debe realizar un estudio hidrogeológico perforando una serie de pozos alrededor de la pluma de dispersión hasta que se fijen con precisión la extensión y la ubicación de la filtración. El mapa geológico ayudará a la colocación de los pozos indicando las áreas más probables de la filtración de los hidrocarburos. Sin embargo, se debe recordar que los fluidos pueden "fluir" cuesta arriba cuando se encuentran bajo la tierra y tienen un recorrido extremadamente tortuoso cuando se mueven a través de una roca fracturada. Por ejemplo, es posible que el fluido vaya en una dirección y luego vuelva hacia atrás, siguiendo diferentes líneas de fractura en la roca.

En áreas urbanas, las investigaciones hidrogeológicas tienen severas restricciones. Estas incluyen la inaccesibilidad de áreas ocupadas por edificaciones y otras estructuras fijas, restricciones en la movilidad del equipo por la ubicación de las estructuras fijas, restricciones en las ubicaciones de los agujeros de prueba o zanjas, así como riesgos, para el equipo de perforación y para hacer zanjas, presentados por los servicios que se

encuentran sobre y bajo la tierra (por ejemplo, tuberías de los servicios públicos). Además, el daño a superficies pavimentadas, vegetación, cercas o muros de contención; la interrupción de los patrones de tráfico y un mayor ruido incrementarán el costo de la investigación y/o presentarán molestias al público.

La selección del equipo de perforación que se utilizará en la investigación hidrogeológica en un área urbana dependerá del tipo del material de la tierra que se perforará, la profundidad que se desea que tengan los agujeros de prueba y la maniobrabilidad. La acción de tirabuzón de los métodos tipo taladro hace que las muestras se vean altamente perturbadas y se produce una

mezcla considerable de los cortes de perforación durante su viaje a la superficie. Los cortes de perforación del equipo rotatorio generalmente no son perturbados y representan mejor la profundidad real de la perforación. La maniobrabilidad del equipo también puede ser un problema significativo en áreas urbanas. Una vez que se han perforado los pozos, se pueden utilizar para el muestreo de las aguas subterráneas. En el Cuadro 9.5 se nombran algunos de los muestreadores y dispositivos de medición.

Las mediciones de la conductividad del terreno se pueden utilizar para trazar un mapa de la contaminación subterránea del suelo. El instrumento utilizado puede distinguir los contaminantes de los suelos y de las aguas subterráneas por sus diferentes propiedades dieléctricas. No se requiere el contacto con el suelo y se puede reducir el número de perforaciones y/o pozos de observación requeridos. Existen en el mercado unidades portátiles para un solo hombre, efectivas a una profundidad de 6 m; los instrumentos más grandes portátiles para dos hombres pueden realizar estudios hasta una profundidad de 60 m. Las mediciones de conductividad no sólo pueden detectar la presencia de hidrocarburos sino que se pueden utilizar para estimar el espesor de las capas flotantes de hidrocarburos. Nuevamente, este método se ve severamente obstaculizado en áreas urbanas. Los objetos tales como tuberías de desagüe, troncales de agua y tuberías de electricidad, así como objetos de la superficie pueden interferir en las mediciones de la conductividad, incrementando generalmente los valores medidos. Estas interferencias pueden ser superadas cambiando la orientación del medidor y/o utilizando el objeto enterrado o de la superficie como una "constante". Cuando se utiliza junto con un programa hidrológico, las medidas de conductividad del terreno pueden mejorar la precisión de la investigación del derrame y reducir los costos globales pues disminuye el número de pozos de monitoreo/observación requeridos.

Una vez que se ha determinado la fuente de la filtración y su extensión y se han tomado las precauciones de seguridad necesarias, la limpieza y la recuperación pueden empezar. Debido a que muchos factores afectan la migración y la recuperación, ningún sistema de recuperación trabajará solo en cada caso. Con frecuencia, los sistemas de recuperación que utilizan una combinación de equipo y técnicas deben usarse específicamente para una

filtración particular. Asimismo, estas operaciones se realizan a menudo a largo plazo, es decir que duran varios años.

Existen algunos factores que, si se consideran de antemano, pueden prevenir problemas posteriores durante las operaciones de recuperación (Cuadro 9.6). En la siguiente sección se esbozan algunos de los métodos generales y equipos disponibles para recuperar y tratar los contaminantes subterráneos. Además, es muy recomendable que se consulte a alguien con formación y experiencia en este campo antes de emprender el programa de recuperación, pues un programa aplicado de manera incorrecta no sólo puede ser ineficaz sino que puede empeorar la situación.

Las secciones que se encuentran a continuación tratan sobre las tecnologías de recuperación y recuperación para el suelo contaminado.

En la mayoría de las filtraciones de tanques, el producto llega a las aguas subterráneas, ya sea escurriéndose o al ser lavado (generalmente por la lluvia) a través del suelo. Una vez que esto ocurre, el hidrocarburo seguirá la corriente de las aguas subterráneas contaminando así una mayor área. Con el fin de recuperar el producto, se debe interceptar y detener su flujo. Esto se puede realizar ya sea removiendo el petróleo que se reúne en huecos cavados hasta la superficie de las aguas subterráneas, o bombeando activamente las aguas subterráneas. El último método crea lo que se conoce como cono de depresión (Figura 9.3). Todo hidrocarburo que se encuentre libre en el cono de depresión fluirá bajo fuerzas gravitacionales hacia el fondo del mismo donde la capa del producto va al fondo y puede ser recuperado. El éxito de este método dependerá de mantener una gradiente artificial en la superficie de las aguas subterráneas.

El tipo de método de recuperación seleccionado dependerá de varios factores:

- q La cantidad y tipo del producto que se encuentra en la tierra,
- q la extensión hasta la que se ha esparcido el material en la napa freática,
- q la naturaleza de las capas del producto en el área del derrame,
- q la posición de la napa freática,
- q el suelo y las formaciones rocosas que se encuentran en el área,
- q el acceso a los pozos/zanjas de recuperación para el mantenimiento, y
- q los costos.

#### CUADRO 9.6

#### PARA EVITAR PROBLEMAS COMUNES DURANTE LAS ACCIONES DE RESPUESTA

Considerar que:

q Los productos móviles buscan cualquier ruta de escape, ya sea tuberías de desagüe, tuberías de los servicios públicos o bóvedas subterráneas, campos de drenaje o sótanos, pues se mueven hacia abajo a la napa freática u otra barrera natural.

q La fuente de la filtración seguirá contribuyendo a las condiciones de peligro y/o contaminación ambiental hasta que ésta sea eliminada.

q Los pozos de prueba se deben instalar lo suficientemente profundos en la napa freática como para poder determinar tanto el nivel del producto como del agua.

q Una criba en el pozo o una tubería perforada adecuadamente asegurará la medición exacta del producto que se encuentra en la napa freática.

q El uso adecuado del empaquetado de cascajo durante la instalación de los pozos de recuperación o de prueba asegurará la eficiencia de los pozos.

q Antes de instalar un pozo de recuperación se debe determinar si el desaguado de una zona de depresión contaminará otras áreas o creará problemas en edificaciones contiguas.

q Se deben conseguir las aprobaciones necesarias en lo concerniente a la disposición de las aguas con residuos producidas por los pozos de recuperación.

q Los pozos de recuperación que contengan y recuperen al mismo tiempo el producto móvil serán más efectivos.

q El equipo utilizado debe ser apropiado para el proyecto de recuperación o se incurrirá en mayores costos y/o una excesiva pérdida de tiempo.

La operación óptima será aquella que saque la mayor cantidad de producto con la mínima disminución de la napa freática. Esto es importante ya que los hidrocarburos se filtrarán a través del suelo que, antes de la operación de bombeo, estaba saturado de agua y que, por lo tanto, no estaba contaminada. El porcentaje total de bombeo necesario para crear el (los) cono(s) de recuperación depende de las características del acuífero, y puede derivarse de las pruebas de bombeo. Cuando el porcentaje de bombeo que se requiere es demasiado alto para un pozo, se puede operar varios pozos como una batería. Si se utilizan varios pozos parcialmente penetrantes en vez de un solo pozo, habrá una extracción más rápida del contaminante durante las etapas iniciales de la recuperación y la contaminación adicional del suelo permanecerá en un mínimo durante la disminución del nivel de la napa freática.

#### 9.4.1 Pozos

Se pueden utilizar pozos de inspección o de prueba para determinar la extensión del área contaminada y subsiguientemente como puntos de recuperación. Los pozos perforados a chorro o incados son buenos puntos de prueba pero su tamaño limita su uso en la recuperación del agua o del suelo contaminado.

El tipo de técnica de perforación de pozos escogido estará determinado por el diámetro, la profundidad y la ubicación del pozo. Aunque se han usado pozos con diámetros de 1 m o más, son mayormente comunes los diámetros de 10 a 30 cms. Un pozo de un diámetro mayor ofrece sólo una pequeña ventaja sobre un pozo más pequeño en su tasa de recuperación de fluidos - el principal requisito es que el pozo sea lo suficientemente grande como para acomodar un sistema apropiado de bombeo. Una vez que éste ha sido perforado, se debe instalar una tubería de revestimiento en el pozo para prevenir que se derrumbe.

La sección de la tubería de revestimiento, a través de la cual el agua entrará al pozo, debe ser perforada o acanalada y cubierta con una criba antes de ser instalada. Esta sección de la tubería, llamada la criba, se debe extender 1,5 mts. sobre y bajo el nivel normal del agua para adecuarse a las fluctuaciones. El tamaño y la ubicación de las perforaciones dependerá de las características del suelo y del empacado de cascajo que se encuentra alrededor de la tubería. Una criba de envoltura de alambres ranurados maximizará el porcentaje del área abierta. Esto es deseable puesto que la criba se ve fácilmente obstruida por el crecimiento bacteriano. y mientras más abierta sea el área que se proporcione inicialmente, el pozo funcionará durante mucho más tiempo antes de que se necesite mantenimiento para limpiarlo de manera que éste recupere su eficiencia. Una tubería con empacado de cascajo adecuadamente instalada minimizará la filtración de granos finos de arena o la necesidad de poner tamices adicionales. La figura 9.4 ilustra la instalación adecuada de los pozos de prueba y de recuperación.

Un hecho importante que debe tomarse en consideración es la ubicación de los pozos mismos. El espaciado correcto entre ellos asegurará una adecuada sobreposición entre sus conos de

depresión. Los pozos no deben funcionar fuera del área de derrame a menos que esto sea necesario debido a condiciones de la superficie, pues esta técnica puede extender la zona de contaminación. También pueden surgir problemas cuando la capa de agua subterránea sea delgada y particularmente cuando una capa superior contaminada esté separada de una capa inferior contaminada por una acuiclusa (una banda de material impermeable como la arcilla). La perforación de la acuiclusa puede tener como consecuencia la pérdida de la eficiencia en la recuperación del contaminante o la contaminación del acuífero confinado inferior. Finalmente, se debe tener cuidado en áreas urbanas, pues una disminución excesiva de la napa freática puede debilitar las propiedades que soportan el peso del suelo y ocasionar el hundimiento de los cimientos. Se puede instalar un mecanismo de control de nivel flotante en los pozos para asegurar que las bombas de extracción de agua funcionen dentro de un rango limitado de fluctuaciones de aguas subterráneas. A continuación se indican varios sistemas de recuperación:

a) Sistema de una Sola Bomba que Utiliza un Pozo

En pozos con una sola bomba, el petróleo y el agua se extraen juntos a través de una sola tubería y pasan a una instalación de tratamiento o de almacenamiento sobre la superficie. La salida de la bomba se ajusta para mantener la producción requerida de la napa freática. Una ventaja de este sistema es su bajo costo. Este método es más barato de construir que otras configuraciones de pozos.

#### b) Sistema de una Sola Bomba que Utiliza Múltiples Pozos

En este sistema existen los mismos problemas y ventajas que en el sistema de una sola bomba, pero, en formaciones de tierra de baja permeabilidad, ésta puede ser la única alternativa de recuperación viable.

#### c) Sistema de Dos Bombas que Utiliza un Pozo

Generalmente, este es el sistema más recomendable. Se instala una bomba de agua con la succión cerca del fondo del pozo y el agua se retira a un porcentaje controlado para crear un cono de depresión. Se suspende una bomba de recuperación de producto contaminante en un cable sobre la bomba de agua y se ajusta de manera que la succión se encuentre en la interfase del producto/agua o justo debajo de ésta. Se instalan controles automáticos a la bomba de producto para hacer que ésta empiece a succionar cuando la sustancia se acumule y se detenga si la succión de la bomba está en el agua. La bomba de agua tiene controles que hacen que ésta se detenga si el producto contaminante se acumula en el pozo y se aproxime al nivel de la succión de la bomba de agua (Figura 9.5). La principal ventaja de esta técnica es que la sustancia contaminante se separa del agua en el pozo y generalmente no se necesitan los separadores de la superficie. De hecho, a menudo el producto puede ser extraído y vendido sin haberlo sometido a un proceso de refinamiento adicional.

#### d) Sistema de Dos Bombas que Utiliza Dos Pozos

Este sistema se puede utilizar cuando ya se está usando un pozo de poco diámetro que no es capaz de albergar las dos bombas. Se puede instalar cerca un segundo pozo de poco diámetro; en éste se colocará la bomba de recuperación que se debe ubicar en un lugar más alto en el acuífero que el del pozo ya existente. El agua extraída del pozo original (que se encuentra más bajo) crearía un cono de depresión y la sustancia contaminante que se acumule será extraída desde el otro pozo. Se requieren controles automáticos para detener la bomba de agua si la bomba de producto falla.

#### e) Bomba y Sistema Desnatador

Este sistema puede utilizar uno de los varios tipos de desnatadores existentes dependiendo del diámetro del pozo. Los principales tipos son los desnatadores flotantes, bandas absorbentes y cuerdas absorbentes. La bomba crea un cono de depresión mientras el desnatador extrae el producto de la superficie del agua en el pozo. El contaminante

se adhiere a las bandas oleofílicas mientras se repele el agua, en consecuencia se pueden recuperar virtualmente hidrocarburos sin agua. Sin embargo, este método es más recomendable para recuperaciones que involucren pequeñas cantidades de producto, es decir, cuando la capa del producto no se pueda extraer de manera eficaz mediante sistemas simples de doble bomba (Figura 9.5).

#### f) Pozo de Doble Tubería

La tubería interior de un pozo de doble tubería previene que los contaminantes de hidrocarburos se dirijan a la bomba de recuperación de agua. Este tipo de pozo puede ser más superficial que los pozos de doble bomba o de bomba y desnatador, pero el diámetro de la tubería de revestimiento exterior debe ser más grande, lo que no lo hace económico en profundidades mayores de 6 u 8 m. El contaminante puede recuperarse mediante una bomba o un desnatador.

#### g) Combinación de Cámaras Colectoras

Este sistema combina un pozo de recuperación con una segunda tubería que tiene cámaras de separación y de recolección. El pozo de recuperación es equipado con un sistema de bombeo que lleva a la segunda tubería. Sin embargo, el método es caro y sólo se justifica para un periodo de recuperación a largo plazo, para recuperaciones que impliquen grandes cantidades de producto o, puesto que todo el equipo se encuentra bajo la tierra, en áreas en donde el impacto visual de equipos sobre la superficie sea inaceptable.

### 9.4.2 Pozo de Recuperación Excavado Manualmente

El pozo de recuperación excavado manualmente se utiliza en áreas en las que hay muy poco o ningún movimiento de las aguas subterráneas o donde las aguas subterráneas se encuentran contenidas en alguna barrera artificial y están a menos de 4 m, aproximadamente, de la superficie de la tierra. Los cilindros de concreto de aproximadamente 122 cms de diámetro con moldeado de agujeros de 6 cm de diámetro en sus muros, que se usan comúnmente en la construcción de pozos secos, se colocan en la tierra justo aguas abajo del área de mayor contaminación. El área que rodea al pozo se rellena con cascajo (piedras de 2,5 a 5,0 cm de diámetro). Entonces se usa una bomba sumergible activada por flotador para hacer descender el nivel de agua subterránea mientras una segunda bomba o un camión cisterna con aspiración por vacío extrae el producto que migra hacia cada "pozo excavado manualmente" (Figura 9.6). Este sistema tiene costos relativamente bajos de instalación y puede ser construido con materiales fácilmente disponibles. Sin embargo, el mantenimiento y el funcionamiento a largo plazo es caro y se necesita algo de control automático para prevenir que la bomba de agua bombee el contaminante.

Una variación de este sistema utiliza una barrera hecha de un material impermeable tal como lodo de cemento con

bentonita. La barrera desvía el hidrocarburo hacia un pozo de recuperación excavado manualmente. Este método puede ser utilizado en los bancos de los ríos para interceptar el hidrocarburo que de lo contrario se filtraría a la corriente.

#### 9.4.3 Zanjas

El uso de zanjas es un medio muy bueno de interceptar el producto filtrado; sin embargo, sólo es práctico cuando la napa freática no tiene una profundidad mayor de 3 m. Esta limitación se presenta debido al equipo disponible para hacer zanjas, para la estabilidad de las paredes laterales de la zanja y para la cantidad de suelo que se debe extraer.

Se debe construir una zanja de intercepción a través de toda la parte frontal de la mancha migratoria de petróleo y debe estar lo más cercano posible a cualquier edificación a la que ha entrado el producto. El ancho de la zanja sólo debe ser el suficiente para acomodar las bombas y los aparatos de extracción del producto necesarios. Se debe instalar un revestimiento impermeable, aunque generalmente no se necesita, en la pared que está aguas abajo para prevenir el flujo progresivo del producto, pero debe permitir que el agua pase. Incluso sin extraer el agua, generalmente, la recuperación continua de petróleo basta para prevenir que el producto ingrese a la tierra que se encuentra más allá porque el nivel más alto de la franja capilar circundante (tierra saturada de agua) actúa como una barrera para el producto.

Si el sistema de extracción del producto no requiere que se mantenga abierta la zanja, se tiende una tubería de alcantarilla perforada a lo largo de la parte inferior de la zanja y luego se rellena con roca quebrada o cascajo. Se dejan, además, tanques colectores a lo largo de la zanja para la extracción del agua y del producto.

Existen dos tipos principales de sistemas de recuperación mediante zanjas. El primero es una zanja abierta en la que se utiliza un desnatador para extraer las sustancias. Aunque este sistema produce prácticamente un producto libre de agua, la velocidad de recuperación es muy lenta, pues depende de las gradientes naturales para transportar el contaminante a la zanja. La segunda configuración utiliza una bomba para extraer la sustancia de la zanja, la que puede o no ser rellena. Este sistema es más efectivo para una rápida recuperación puesto que se crea una gradiente hacia la zanja. El inconveniente de este método es que se debe disponer de volúmenes mucho más grandes de agua que contengan concentraciones inaceptables de hidrocarburos disueltos (Figura 9.7).

Existen varias ventajas al usar el método de zanjas para la recuperación. Los materiales y el equipo necesarios para instalar el sistema generalmente se pueden conseguir en la misma localidad. Este método no es complicado y se puede instalar relativamente rápido. Sin embargo, la zanja debe dividirse en dos partes iguales el ancho completo

del derrame, lo que hace que esta técnica sólo sea viable para derrames de una extensión limitada. Además, la profundidad de la zanja es limitada y cualquier desnatador o equipo de bombeo debe funcionar de manera continua, de lo contrario el producto se acumulará y migrará alrededor de los extremos de la zanja.

### 9.5 Ventilación del Suelo

Los productos volátiles como la gasolina permanecerán a menudo en la tierra en forma de vapor y migrarán hacia los sótanos de las edificaciones que se encuentren en el área de filtración. Este hecho será más severo en sótanos cavados donde los materiales naturales de la tierra todavía están expuestos dentro de la estructura. El problema puede mitigarse instalando una serie de ventilaciones artificiales pasivos (Figura 9.8) para eliminar vapores, técnica que es especialmente útil durante los meses de invierno cuando las heladas no permiten que los vapores escapen de una manera natural a través de los sedimentos de la superficie. Esta instalación también se puede equipar con un extractor de aire si fuera necesario.

La ventilación de suelos también se considera viable en suelos de porosidad y permeabilidad de alta a media. Los sistemas de extracción de vapores que utilizan pozos han tenido éxito en suelos que tienen un rango de permeabilidad de  $10^{-4}$  a  $10^{-8}$  cms/seg. con un máximo de vacío aplicado de aproximadamente 20 cms. en mercurio. Una alternativa para los pozos de extracción en situaciones en las que el suelo contaminado o la profundidad hacia las aguas subterráneas es menor de 4 a 5 m es el uso de una tubería perforada colocada en el fondo de la zanja.

La dispersión de los gases venteados en la atmósfera puede no ser aceptable y se puede requerir de la recuperación de los vapores.

### 9.6 Recuperación de los Suelos - Métodos In Situ

Se han identificado trece tecnologías para la recuperación de los suelos, seis de ellas se realizan in situ y siete no (Weston, 1991). En el Cuadro 9.7 se encuentran los diferentes métodos, los productos de petróleo a los que son aplicables las ventajas, las limitaciones y los costos relativos. Esta sección trata sobre cada uno de los métodos. Los productos de petróleo a los que se puede aplicar cada método depende de la conducta de ese producto en la tierra. El Cuadro 9.8 presenta la partición ambiental relativa de varios productos de petróleo. Los petróleos más pesados (Benzo(s) Pireno, Fenantreno y Benz(a) Antraceno) son absorbidos por las partículas del suelo, los hidrocarburos ligeros ((n) Hexano, (n) Heptano, (n) Pentano y 1-Pentano) se volatilizan en el aire, el Fenol se disuelve en las aguas subterráneas y el resto tiene rutas de migración múltiples.

#### 9.6.1. Volatilización In Situ (VIS)

La volatilización in situ (VIS) es el proceso por el cual los compuestos volátiles se extraen del suelo en el lugar a

través de la utilización de corrientes de aire forzadas o aspiradas. Dependiendo de los tipos de compuestos que están presentes y las condiciones del lugar, la volatilización in situ puede ser una acción de recuperación muy efectiva y eficiente en el costo. Las VIS se han realizado con éxito en muchos lugares.

La VIS consiste en la inyección de aire caliente para elevar las temperaturas de la superficie y aumentar el porcentaje de volatilización. El aire y los gases recolectados pasan a través de una unidad de tratamiento, que a menudo se trata de carbón activado, para recuperar los hidrocarburos volatilizados minimizando así las emisiones de aire. Los medidores del flujo de aire, válvulas de derivación, de control del flujo y los puntos de muestreo generalmente están incorporados al diseño para facilitar el balance del flujo de aire y la eficacia del sistema de evaluación.

Este proceso es más eficaz para compuestos con una alta presión de vapor y una baja solubilidad en agua. De aquí que este método sea más efectivo para la gasolina que para el kerosene o combustibles de calentamiento más pesados. Otros factores que se deben considerar son el contenido de agua del suelo, la porosidad y permeabilidad del suelo, el contenido de arcilla y la densidad de absorción del lugar. Asimismo, un incremento en la temperatura y el viento generalmente aumentarán la volatilización.

Este sistema ha sido usado con un éxito considerable en numerosos lugares. Los costos de instalación y de mantenimiento son bajos, a menos que se usen sistemas de tratamiento del gas volatilizado.

#### 9.6.2 Biodegradación In Situ

La Biodegradación in Situ es el proceso por el cual el crecimiento y la actividad que realizan naturalmente los microorganismos es estimulada en su medio ambiente natural. A través de sus procesos metabólicos, estos microorganismos degradan los compuestos de interés.

La estimulación del crecimiento y de la actividad para la extracción de los hidrocarburos se logra principalmente a través de la adición de oxígeno y nutrientes. Varios factores influyen la velocidad de este crecimiento, incluyendo la temperatura y el pH.

En este proceso, se extraen las aguas subterráneas y se mezclan con nitrógeno, fósforo, trazas de metales y peróxido de hidrógeno en un tanque de mezclado. Estos nutrientes son transportados por el agua de regreso al suelo para apoyar la actividad microbiana. El agua subterránea resultante en la que las concentraciones de hidrocarburos han sido reducidas a niveles muy bajos pasa a menudo a través de un proceso de adsorción en carbón para extraer los hidrocarburos residuales.

Muchos factores relacionados con la estructura del compuesto afectan la biodegradación potencial de los compuestos de hidrocarburos específicos. Antes de aplicar esta técnica, se debe considerar la biodegradabilidad del derrame y

del suelo.

### 9.6.3 Lixiviación In Situ y Reacción Química

La lixiviación in situ implica el lavado de los suelos en el lugar con agua mezclada generalmente con un surfactante, en un esfuerzo por lixiviar los compuestos que se encuentran en las aguas subterráneas. Entonces se reúne el agua subterránea, aguas abajo del lugar de lixiviación, a través de un sistema de recolección para tratamiento y/o disposición final.

Aunque la lixiviación es general, existen muchos métodos para el sistema de recolección y se pueden usar diferentes surfactantes.

La experiencia muestra que la lixiviación in situ puede ser un proceso de extracción efectivo para los hidrocarburos que se encuentran en el suelo, sin embargo, todavía no es posible separar el producto del surfactante y se deben considerar el costo del surfactante y los costos de disposición cuando se evalúe la lixiviación.

En este proceso, el lixiviado es inyectado, a través de la zona del suelo, a un sistema de recolección que generalmente consiste en una serie de pozos poco profundos o drenajes que se encuentren bajo la superficie. Se bombea el surfactante más el hidrocarburo de los colectores a la superficie para extraer y recuperar el producto. El lixiviado restante, que ahora está relativamente sin petróleo, puede ser reciclado al comienzo del proceso.

No se necesita ningún equipo, salvo el de monitoreo para evaluar el proceso.

### 9.6.6. Aislamiento y Contención In Situ

En este proceso, se aísla el área del medio ambiente con ayuda de dispositivos de contención, tales como tapas, muros de contención, cortinas de tierra, pilotes y paredes de lodo. La experiencia demuestra que estos dispositivos de contención aíslan adecuadamente la contaminación, pero no se produce la destrucción de los compuestos.

El costo de este proceso es de bajo a moderado.

Las tecnologías de recuperación expuestas en esta sección no son in situ. Es decir, se extraen los suelos contaminados para luego proceder a su tratamiento, sin embargo, el tratamiento todavía se puede llevar a cabo en el lugar. Los costos de estos métodos generalmente son más elevados que los de las técnicas in situ que se han descrito anteriormente, hecho que se debe principalmente a los costos de excavación.

### 9.7.1 Tratamiento de la Tierra

En este proceso, se extraen los suelos contaminados y se esparcen sobre un área para fortalecer los procesos que ocurren naturalmente como la volatilización, la aereación, la biodegradación y la fotólisis. La experiencia ha demostrado que el "biotratamiento de terrenos", si se realiza de una manera adecuada, es un método efectivo para

extraer hidrocarburos de los suelos afectados. Sin embargo, se requiere una gran cantidad de tierra y el proceso es bastante lento, particularmente en climas fríos.

El biotratamiento incluye la limpieza en el área que se utilizará de suciedad, rocas, arbustos, etc., luego la nivelación del área para el drenaje y la construcción de un dique que contenga la escorrentía. Si es necesario, el pH del suelo es neutralizado con cal. Si al lugar le faltan nutrientes como nitrógeno, fósforo, potasio o trazas de elementos, se le agrega un fertilizante. Los suelos contaminados se esparcen en el área, en cantidades de hasta 5% en peso del suelo y se le incorpora con un acondicionador de terrenos, un escarificador de discos o cualquier otro aparato de arado a 15 o 20 cms. (6 a 8") del suelo que se encuentra en la parte superior. El suelo debe estar bien mezclado para incrementar el contacto entre los materiales orgánicos y los microorganismos para poder aplicar el aire, con el fin de lograr una degradación biológica aeróbica. Dependiendo de la velocidad de la degradación, se pueden agregar más suelos contaminados al área en intervalos regulares.

Con una gran diferencia, la mayoría de las instalaciones en los E.E.U.U. utilizan el compostaje estático de pilas, y la mayoría de los sistemas restantes utilizan montículos. Actualmente se está desarrollando el método de compostaje en recipientes.

Cuando se compostan suelos cargados de petróleo, se colocan agentes de relleno, tales como virutas de madera, aserrín, paja, etc. en franjas de aproximadamente 0,4 mts. de profundidad por 4,5 mts. de ancho en la tierra, la cual puede pavimentarse para prevenir la contaminación de los suelos de la superficie. Los suelos cargados de petróleo se esparcen sobre los agentes de relleno y se mezclan los dos. La aereación es proporcionada por las corrientes naturales de convección y el hecho de voltear las pilas para montículos. Se puede aplicar una aereación forzada. Los montículos se vuelven a mezclar dos veces por semana para asegurar una degradación pareja. Después de 3 o 4 semanas, se aplanan los montículos y se dejan secar. El curado requiere que la mezcla se apile y se almacene aproximadamente durante un mes.

El compostaje a menudo va seguido del biotratamiento, pues el segundo no degrada completamente los hidrocarburos de petróleo. Esto mantiene la actividad biológica.

El compostaje es similar al biotratamiento porque también se basa en la destrucción de los compuestos orgánicos a través del metabolismo microbiano. Se ha comprobado que el compostaje es una tecnología que logra una biodegradación acelerada de los desechos industriales y municipales seleccionados bajo condiciones controladas. Teóricamente, se puede tratar todo desecho de carbono orgánico con el compostaje.

En el biotratamiento y en el compostaje, la degradación ocurre por degradación microbiana, química y fotoquímica (para mayores detalles remítase a Weston, 1990). El biotratamiento y el compostaje son una tecnología

relativamente barata si se les compara con otras opciones.

#### 9.7.2. Tratamiento Térmico

El tratamiento térmico implica la excavación del suelo contaminado y su exposición al calor excesivo en un incinerador. Durante este proceso, los hidrocarburos no deseados son volatilizados y/o destruidos dependiendo del calor aplicado.

La experiencia ha mostrado que este puede ser un método muy efectivo para extraer los compuestos de hidrocarburos que se encuentran en los suelos, sin embargo, los costos son relativamente altos. Se ha usado la incineración de manera extensiva con eficiencia en la destrucción y extracción en un 99 %.

#### 9.7.3. Incorporación al Asfalto

Este proceso consiste en la incorporación de suelos cargados de petróleo a mezclas de asfalto caliente como un sustituto del agregado de piedras. La mezcla se puede utilizar para pavimentar. Este es un nuevo proceso y puede ser un poco difícil lograr la aceptación de las agencias reguladoras.

#### 9.7.4. Solidificación/Estabilización

En este proceso los contaminantes son solidificados y estabilizados dentro del suelo usando aditivos. Esto encapsula a los contaminantes, pero no se usa mucho porque los contaminantes no llegan a ser destruidos.

El proceso, que puede ocurrir ya sea en el lugar o no, consiste en mezclar el material contaminado con varios estabilizadores y aditivos, tales como el agregado, ceniza muy fina y cal.

Este proceso tiene un costo moderadamente alto puesto que requiere la excavación, solidificación y/o estabilización de materiales, así como equipo de mezcla. Sin embargo, el agente de solidificación puede ser un producto de desecho industrial, tal como ceniza muy fina o polvo de horno de cemento.

#### 9.7.5 Extracción y Tratamiento de Aguas Subterráneas

Cuando los productos de petróleo de los tanques subterráneos de almacenamiento llegan a las aguas subterráneas subyacentes, la acción de recuperación seleccionada incluye usualmente la limpieza de las aguas subterráneas afectadas así como de los suelos. Si el contaminante llega a la napa freática en una cantidad suficiente para formar una capa flotante, entonces se puede requerir la recuperación de los hidrocarburos flotantes que se encuentran libres.

En este proceso, se bombean las aguas subterráneas de la tierra, se las trata y luego se regresan a la tierra. Este es un método muy efectivo de recuperación. En la Sección 9.4 se comenta en detalle la extracción de aguas subterráneas y los métodos para separar los hidrocarburos del agua discutidos en la EPS (1989).

#### 9.7.6. Extracción Química

En este proceso, los suelos excavados son lavados para quitarles los compuestos en cuestión usando una mezcla de agua/solvente o agua/surfactante. Este método es similar al proceso de lixiviación in situ excepto que se extrae el suelo, y de la misma manera se pueden usar mezclas de lavado, lo que incrementa la recuperación de los productos.

El costo de la planta de extracción y la mezcla de extracción es relativamente alto.

En este proceso, se pasa el suelo excavado por una criba de malla ancha, luego se mezcla el solvente/surfactante con el suelo. El solvente/surfactante y los hidrocarburos extraídos se separan del suelo. Finalmente, se separa el agente de extracción de los hidrocarburos.

#### 9.7.7 Almacenamiento en el Lugar de Relleno

Consiste en excavar los suelos y extraerlos de su sitio para su disposición en un lugar de relleno sanitario. Es básicamente un proceso de almacenamiento y hace surgir temas de responsabilidad para el futuro. Sin embargo, es un elemento principal para la mayoría de las acciones de recuperación que se describen en este manual y que no se realizan in situ.

Los suelos excavados se depositan en un área de relleno sanitario usando el método de zanjas, el método de relleno de área o una combinación de ambos.

En el método de zanjas, el material se esparce y compacta en una zanja excavada y se cubre con suelo. La zanja debe estar en un área de suelos cohesivos tales como morrenas glaciales o limo arcilloso, en donde las aguas subterráneas son bajas y los suelos son profundos. El método trabaja mejor en tierra plana u ondulada.

El método de relleno de áreas se puede aplicar en la mayor parte de los terrenos y se utiliza cuando se debe disponer de grandes cantidades de material o cuando no es recomendable realizar excavaciones por debajo del nivel actual. El material contaminado es esparcido en la tierra, cubierto y compactado en el lugar.

Los rellenos a menudo son equipados de revestimientos impermeables o se colocan en suelos con baja permeabilidad para reducir el riesgo de impacto a las aguas subterráneas debido a la infiltración de las precipitaciones pluviales.

Este método tiene un costo moderado debido a los costos de excavación y de la tierra.

### 10.0 RESPONSABILIDAD Y ASPECTOS LEGALES

En casi todas las jurisdicciones del mundo, ha habido un desarrollo significativo en la legislación y normas sobre el medio ambiente en los últimos años y este proceso de cambio y mayor rigor continúa y se está extendiendo a otras

jurisdicciones. El tema tratado a continuación relacionado a la contaminación asociada a tanques subterráneos de almacenamiento está muy influenciado por las regulaciones o fallos judiciales recientes, actuales y pendientes en los E.E.U.U. y en algunas provincias de Canadá, pero están ocurriendo o están en proceso cambios y tendencias similares en la mayoría de los países tanto del mundo desarrollado como del mundo en desarrollo. La mayoría de los temas expuestos tendrán alguna relevancia ya sea en la actualidad o en el futuro cercano en la mayoría de los países incluyendo al Perú. Es posible, y tal vez probable, que algunas de las recientes políticas y prácticas de la EPA de los Estados Unidos u otras agencias norteamericanas no sean adecuadas o recomendables para otras jurisdicciones con circunstancias diferentes.

La responsabilidad corporativa es una motivación para que las compañías mismas mantengan el orden, esto con respecto a generar sus propios estándares para la protección ambiental y/o asegurar que las operaciones cumplan con las regulaciones o la legislación existentes. Donde existen legislaciones, y en otros casos, procesos de litigio contra las compañías a menudo toman la forma de "Delitos de Responsabilidad Objetiva". Dichos delitos pueden requerir pruebas de que el demandado cometió el acto prohibido, pero también puede permitir un fallo de no culpabilidad, si el demandado prueba que él/ella usó la diligencia debida para cumplir con la ley, (Edwards, 1991; Currie, 1992).

El juicio por delitos con respecto a lugares abandonados o instalaciones no construídas profesionalmente puede ser retroactivo una vez que se apruebe la legislación. Esta situación podría bien convertirse en una situación demasiado costosa para una compañía que haya cometido el delito.

Parece que el actuar con diligencia debida o demostrándola por cumplimiento, así como mostrando sensibilidad por los asuntos ambientales al tomar las precauciones razonables, son piedras angulares para la defensa en caso de que ocurran reclamos o acusaciones. Lo que constituye "precauciones razonables" variará considerablemente dependiendo de cada situación e implicará un análisis de la magnitud del riesgo y potencial de daños. Dichas evaluaciones sólo puede realizarlas la compañía y el personal de administración local, quienes están familiarizados con las condiciones del lugar. Se debe comprender que, en muchos casos, no sólo se juzga, multa o encarcela al empleado directamente responsable de un delito y a su administrador inmediato, sino que también puede involucrar a los administradores y directores principales de la compañía. También se debe demostrar que han utilizado todas las precauciones razonables, de lo contrario todavía se puede encontrar responsable a la compañía y/o a su personal.

Evidentemente, lo único razonable que queda por hacer para evitar un juicio es que las compañías practiquen una "diligencia debida" y aseguren que se sigan las "prácticas para un trabajo seguro", y que tomen asimismo todas

las "precauciones razonables para salvaguardar tanto el medio ambiente como los trabajadores".

La responsabilidad de una compañía está en probar que se han tomado todas las precauciones razonables y a este respecto, las compañías, tanto por separado como en grupo, deben estudiar y evaluar todos los cambios en las tecnologías, particularmente en lo referente a las que utilizan para diseñar tanques, materiales de tanques y tuberías, sistemas de protección, limpieza del suelo y recuperación, monitoreo de instalaciones, monitoreo de aguas subterráneas, etc. Sólo de esta manera se puede estar seguro de que la administración proporciona a las operaciones un grado de protección contra una posible acción legal, y al mismo tiempo, de que se proporciona una adecuada protección al ambiente, a la salud y la seguridad de los empleados, así como del público.

Pereles (1990) revisa las leyes en los Estados Unidos. Los operadores y propietarios de tanques enterrados tienen responsabilidad financiera según las leyes y normas impuestas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Los propietarios de todos los tanques enterrados, incluyendo los que están funcionando actualmente o aquéllos puestos fuera de operación desde el 1º de junio de 1974, pero que no han sido extraídos de la tierra, o los que se instalarán en el futuro, deben registrar el tanque enterrado con la agencia estatal apropiada especificando el tiempo de funcionamiento, tamaño, tipo, ubicación y usos. En el caso de todos los tanques enterrados que se hayan instalado después del 22 de diciembre de 1988, se debe determinar inmediatamente si cumplen con los requisitos de prevención y detección de filtraciones; los propietarios deben demostrar que la instalación se realizó de manera adecuada y de acuerdo con los estándares de ejecución nacionales. El tanque enterrado debe ser construido de fibra de vidrio o acero catódicamente protegido, así como de cualquier material que la agencia determine que cumple con los estándares mínimos de la EPA. Los propietarios deben implementar inmediatamente el método aprobado de detección de filtraciones para asegurarse de poder detectar las filtraciones que ocurran en los tanques y las tuberías. Esto se puede lograr usando ya sea un indicador de nivel automático, el monitoreo de vapores, el monitoreo intersitial, el monitoreo de aguas subterráneas o cualquier otro método aprobado, o control mensual de inventario junto con la realización de pruebas de impermeabilidad de los tanques cada cinco años. Los nuevos tanques enterrados deben contar con equipos de prevención de derrames y rebose.

Estas normas en lo concerniente a tanques existentes van a ser modificadas en los próximos años dependiendo del tiempo de funcionamiento y del tipo del tanque. Sin embargo, alrededor de 1988, todos los tanques enterrados existentes deben ya sea cumplir con los estándares de rendimiento para tanques nuevos, ser mejorados para llegar a los estándares de la EPA o ser cerrados de manera permanente de acuerdo con los reglamentos de la EPA.

Si el propietario de un tanque enterrado de petróleo sospecha que existe una filtración, ésta debe ser reportada a la agencia estatal correspondiente dentro de las 24 horas. Si las pruebas posteriores confirman la existencia de la filtración, entonces el propietario debe emprender acciones inmediatas para prevenir una mayor filtración y disminuir cualquier daño potencial por incendio, explosión o peligros ocasionados por vapores. Las filtraciones de petróleo menores de 100 litros (25 galones) no tienen que ser reportadas si son contenidas y limpiadas en menos de 24 horas. Si ha ocurrido una filtración mayor a los 100 litros, se deben tomar medidas iniciales de supresión para prevenir una mayor filtración y la migración de la sustancia que se ha filtrado. Los resultados de estas medidas iniciales deben ser reportados a la agencia dentro de los 20 días siguientes. Asimismo, se debe realizar y reportar una investigación completa dentro de los 45 días.

Los propietarios u operadores de tanques enterrados deben:

- v Guardar registros escritos y ponerlos a disposición de los inspectores para demostrar el cumplimiento de las normas gubernamentales en lo concerniente a la protección contra la corrosión, cualquier reparación hecha al tanque enterrado y a la detección de filtraciones.
- v Demostrar solvencia para las acciones correctivas y para la compensación a terceros debido a lesiones corporales y daños materiales causados por las filtraciones. El monto de la solvencia - normalmente US\$ 1 millón - depende del número de tanques enterrados que se posea y de su actividad. Las partes afectadas como resultado de un tanque enterrado que tiene filtraciones puede presentar una demanda por negligencia, violación del contrato, perjuicio o transgresión para que se les indemnice por los daños.