

## CAPÍTULO VI MEDIDAS DE CONTINGENCIA

### INDICE

	Pág.
<b>1 CONCEPTOS GENERALES .....</b>	<b>2</b>
<b>2 CONTROL DE LA FUENTE CONTAMINANTE.....</b>	<b>5</b>
2.1 ACCIDENTE DE TRANSPORTE (CON DERRAME DE PRODUCTO QUÍMICO) .....	5
2.2 ROTURA DE UN DUCTO .....	6
2.3 ROTURA DE UN ESTANQUE .....	6
2.4 FILTRACIÓN DEL MURO DE UN TRANQUE DE RELAVES .....	7
2.5 DERRAME DE LIXIVIADOS.....	8
<b>3 MEDIDAS DE CONTENCIÓN .....</b>	<b>10</b>
3.1 CONTROL DE DERRAMES MENORES (CON RECEPTÁCULOS PROVISORIOS) .....	10
3.1.1 <i>Derrames de Hidrocarburos</i> .....	10
3.2 DIQUES DE CONTENCIÓN.....	10
3.3 TRINCHERAS .....	10
3.4 USO DE MATERIALES ABSORBENTES .....	10
3.4.1 <i>Absorbentes para Hidrocarburos</i> .....	10
3.5 RECUPERACIÓN DE PRODUCTO “LIBRE” (POR EJEMPLO: HIDROCARBUROS).....	10
3.6 OTRAS MEDIDAS .....	10
3.6.1 <i>Neutralización de Ácidos, Básicos</i> .....	10
3.6.2 <i>Control de Nubes de Vapores</i> .....	10
3.6.3 <i>Control de Polvo</i> .....	10
3.6.4 <i>Escapes de Gases</i> .....	10
<b>4 OTRAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN.....</b>	<b>10</b>
4.1 CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS .....	10
4.2 CANALES DE REGADÍO.....	10
4.3 PROTECCIÓN DE LA FAUNA SILVESTRE (RESCATE DE ESPECIES).....	10
4.4 VEGETACIÓN SILVESTRE .....	10
<b>5 FICHAS DE RESUMEN (POR TIPO DE EMERGENCIA) .....</b>	<b>10</b>

## **CAPÍTULO VI**

### **MEDIDAS DE CONTINGENCIA**

En el presente Capítulo se proponen medidas de contingencia de carácter general para enfrentar una emergencia ambiental, y en particular un derrame de sustancias químicas. A diferencia de las medidas de restauración o saneamiento (ver Capítulo VII), estas medidas no requieren de una evaluación más acabada de los riesgos, ni tampoco pretenden restaurar la calidad del medio ambiente a su estado original. Los objetivos de estas medidas inmediatas son los siguientes:

- Evitar la liberación de contaminantes desde la fuente;
- Minimizar la propagación del producto contaminante hacia otros componentes ambientales;
- Cuando sea posible con los medios disponibles en el momento, resguardar a los bienes y componentes ambientales más expuestos.

Es importante tener presente que la elección de medidas específicas de contingencia depende no solamente del tipo de contaminante, sino también del volumen de derrame y de las características del sitio en que se genere la emergencia. Por esta razón, es útil que el encargado de la evaluación efectúe un análisis preliminar de los riesgos en terreno (ver Capítulo II).

Algunas de las medidas indicadas pueden o deben ser implementados por otras entidades del grupo operativo; en adelante se analizan respecto a los alcances de las funciones del SAG.

## 1 CONCEPTOS GENERALES

Los accidentes que dan origen a emergencias con sustancias químicas son por lo general, el resultado de un escape incontrolado de una sustancia tóxica o nociva para la propiedad o el medio ambiente. Los riesgos dependen de las características de las sustancias en cuestión, las cantidades manejadas y los procesos utilizados, así como de la vulnerabilidad del entorno y de las acciones que sean realizadas para minimizar las consecuencias del accidente.

De esta manera, los planes de emergencia deben considerar al menos lo siguiente:

- Controlar y contener la emanación de sustancias peligrosas;
- Proteger a las personas existentes en el entorno afectado;
- Mitigar y reducir los efectos del daño causado a la propiedad y al medio ambiente;
- Facilitar la reanudación de labores;
- Evaluar acciones de restauración del lugar.

Cuando se acude a la emergencia es conveniente tener presente las siguientes precauciones de seguridad:

- Evitar entrar en la zona del accidente, si esto no es posible acercarse a la fuente contaminante tomando la dirección favorable al viento.
- En el caso de que existan víctimas del accidente, éstas deben ser rescatadas por personal capacitado para ello, provistas de un equipo de protección adecuado, después de que la situación haya sido evaluada.
- Aislar la zona donde ocurrió el accidente, asegurando a la población y el ambiente.
- Identificar los riesgos a través de la información disponible (etiquetas, hojas de seguridad, etc.)
- Evaluar la situación de emergencia considerando:
  - Origen o tipo de la emergencia: derrame, fuga, incendio.
  - Condiciones climáticas.
  - Tipo de suelo.
  - Quiénes o qué podría potencialmente ser afectado por el riesgo.
- Acciones que debieran tomarse: evacuar la zona, necesidad de construir diques de contención, recursos requeridos (humanos, equipamiento, etc.) y cual es el grado de disponibilidad de ellos.
- Medidas inmediatas tendientes a reducir el impacto

Las acciones inmediatas tendientes a reducir el impacto están asociadas a

- Equiparse con el equipo de protección personal correspondiente;
- Identificar la sustancia y su potencial riesgo;
- Delimitar el área potencialmente afectada;

- Alejar y evacuar el área si fuera necesario;
- Controlar y contener las emergencias.

En los Capítulos II y III se proporcionaron los antecedentes necesarios respecto al equipamiento de protección personal, la identificación de la sustancia y su potencial riesgo.

La acción de delimitar el área afectada tiene relación con varios factores importantes, como son la cantidad de sustancia derramada, las nubes de vapor generadas, condiciones meteorológicas y geomorfológicas del sector, etc. Hay tablas que dan la distancia de aislamiento inicial y de acción protectora (en la Guía Ergo 2000 aparecen las distancias para más de 100 sustancias).

En la Tabla VI-1 se adjuntan algunas distancias de aislamiento de las sustancias involucradas en los eventos de emergencia considerados en el desarrollo de este Plan de Emergencias. Como se puede observar en la Tabla, existen distancias recomendadas para derrames pequeños y grandes. Se considera como un derrame pequeño el que involucra un solo envase (por ejemplo un tambor de 208 litros), cilindro pequeño o una fuga pequeña de un envase grande. Un derrame grande es aquel que involucra un derrame de un envase grande o múltiples derrames de muchos envases pequeños.

En la Tabla VI-1 se muestra un esquema de las zonas de aislamiento. La idea es que una vez que se tiene identificada la sustancia se determine cual es la distancia de aislamiento inicial (mostrada en la Tabla) y se tome la precaución de moverse en la dirección contraria a la del viento. La zona de acción protectora será el cuadrado cuyos lados corresponden a la distancia de protección.

Las acciones de alejamiento de las personas y evacuación generalmente, están a cargo de carabineros y bomberos. Respecto a las acciones de control y contención de las emergencias estas generalmente están asociadas a derrames o incendios. Dependiendo de la clase de sustancia derramada, tipo de evento (derrame o incendio) y el entorno donde se origine el incidente, existen diversas acciones inmediatas que se pueden aplicar para reducir el impacto, además de las mencionadas anteriormente. Por ejemplo:

- Contener el derrame mediante la construcción de barreras;
- La utilización de materiales absorbentes;
- Taponear aberturas o roturas de envases;
- Transferir el líquido remanente en el estanque roto a otro recipiente;
- Eliminar todas las fuentes de calor, llamas y chispas en el área, incluyendo los motores de vehículos, en el caso de líquidos inflamables;
- Prohibir fumar;
- Establecer los requerimientos físicos para controlar la emergencia; etc.

(Insertar Tabla VI-1)

## **2 CONTROL DE LA FUENTE CONTAMINANTE**

Las medidas de control de la fuente contaminante tienen la finalidad de detener la liberación de un producto en el origen, entre otros:

- un derrame a raíz de un accidente de transporte;
- la rotura de un ducto
- la rotura o filtración de un estanque
- filtración del muro de un tranque de relaves
- derrame de lixiviados (rebalse de una laguna)

Aún cuando sea la medida más importante de todas, puede que no sea tan obvio en todos los casos: a veces se desconoce el lugar de la fuga o se trata de no intervenir en un proceso productivo.

Las medidas que se describen a continuación no comprenden aquellas que están dirigidas a evitar que la sustancia se propague a través de un medio, las que se verán en la sección siguiente como medidas de contención (ver punto 3).

### **2.1 Accidente de Transporte (con Derrame de Producto Químico)**

Frente a una rotura del contenedor de transporte, es prioritario evitar que continúe la pérdida del producto contaminante. Por ejemplo, si hay pérdidas de producto por roturas, tapones abiertos u otras que signifiquen un derrame continuo de la sustancia, es necesario obturar estos desperfectos antes de mover la fuente con problemas.

#### ***Precauciones***

En el caso de un accidente de transporte, no está asegurado que haya personal para la reparación del contenedor de transporte familiarizado con el producto químico. Antes de obturar el paso de la pérdida es necesario:

- Determinar que tipo de sustancia se esta derramando (líquido o sólido inflamable, corrosivo, etc.) o si posee alguna propiedad peligrosa que pueda afectar la tarea;
- Las condiciones del recipiente (si es presurizado o no);
- La ubicación, tamaño y característica de la rotura del estanque;

Es importante tomar todas las medidas de seguridad, y considerar los eventuales riesgos (inflamabilidad, explosividad, toxicidad).

#### ***Obturación del Estanque***

Taponear el orificio, para lo cual se pueden emplear una serie de materiales, entre ellos:

- Tarugos cónicos de goma dura, madera blanda (para orificios pequeños);

- Cuñas de madera (rajaduras);
- Masilla epoxi de endurecimiento rápido;
- Bolsas de goma inflables especiales;
- Sistemas de soldadura rápida (cuando el líquido no es inflamable);
- Cinta adhesiva reforzada con fibra de vidrio y/o aluminio; etc.
- Emparchar el taponeado para evitar que salte el tapón cuando se movilice el estanque.

Generalmente, el taponeado y parchado son útiles sólo para recipientes parcialmente vacíos, no presurizados y no aislados.

### ***Trasvasije del Producto***

Para realizar el trasvasije del líquido no derramado se requiere:

- una bomba, y
- una conexión resistente a la sustancia a trasladar (manguera o tubería).

En el caso de líquidos inflamables es conveniente que se utilicen dos vehículos de estanques; es necesario que éstos se encuentren con el motor apagado y estén conectados ambos a tierra.

## **2.2 Rotura de un Ducto**

Las medidas de contingencia frente a la rotura de un ducto están generalmente consideradas en diseño y en los programas de mantención. Incluyen las siguientes medidas de control:

- Parar las bombas que alimentan al ducto;
- Cerrar las compuertas más cercanas, con la finalidad de interrumpir el flujo del material presente en el ducto;
- Ubicar el punto de pérdida de presión;

Una vez ubicado el lugar de la rotura, se podrá efectuar una reparación provisoria mediante taponamientos con cuñas o compuertas.

## **2.3 Rotura de un Estanque**

En términos generales, las medidas de control son similares a las de un contenedor de transporte (ver punto 2.1). Sin embargo, en el caso de un estanque se debe decidir si es más adecuado transferir el producto a otro estanque o intentar la reparación del contenedor dañado.

### ***Reparación del Estanque***

Si el estanque es pequeño y se considera su reparación se deben considerar las siguientes acciones:

- Posicionar el envase con el orificio hacia arriba;
- Reparar el envase mediante tapones o cuñas;
- Colocarlo dentro de un recipiente de mayor tamaño.

### ***Trasvasije a otro Contenedor***

Si es un estanque de mayor volumen o se considera su trasvasije es necesario contar con un equipo de bombeo y de un contenedor con un volumen suficiente.

## **2.4 Filtración del Muro de un Tranque de Relaves**

Una filtración de un muro de un tranque de relaves puede obedecer a diversas circunstancias, entre ellas:

- Un rebalse por razones climáticas (una crecida),
- Una falla operacional en el manejo de los líquidos sobrenadantes (bombas, válvulas o vertederos),
- La falla del sistema de impermeabilización empleado (una rotura de la geomembrana).

Tratándose de una falla operacional, es necesario efectuar las reparaciones respectivas.

### ***Manejo de las Aguas***

En el caso de una crecida, se deberían tomar medidas para bajar la cota de agua sobrenadante en el tranque:

- En lo posible, desviar o reducir los afluentes al tranque (de aguas de proceso o naturales);
- Aumentar la recirculación de aguas sobrenadantes hacia la entrada del proceso;

Además, puede evaluarse la factibilidad de aumentar la altura del muro (constituye una medida de contención y tomará más tiempo).

### ***Reparación de una fuga***

En el caso de una fuga, se podrán tomar las siguientes medidas inmediatas:

- Interrumpir la descarga de efluentes al tranque;
- Construir barreras de contención aguas abajo del muro del tranque;
- Bombear el líquido escurrido hacia este nuevo muro de contención a un estanque para aguas de proceso o un segundo medio de contención;



- Determinar la ubicación y el tamaño de la filtración (con tecnología especializada o, si hubiera, a través del monitoreo de piezómetros en el muro del tranque);
- Analizar si es posible la reparación de la geomembrana, la instalación de tapones, la inyección de material bentónico u otra medida;

De no ser posible ninguna de estas medidas, se debiera pensar en reforzar o construir un nuevo muro.

## **2.5 Derrame de Lixiviados**

Las causas de un derrame de lixiviados de un relleno sanitario son variados: el afloramiento de lixiviados, un rebalse de una laguna, el deslizamiento de la masa de residuos y la rotura de la impermeabilización.

En muchos vertederos el diseño del área de disposición final no consideró la impermeabilización basal y lateral de las superficies que se encuentran en contacto con los residuos. En estos casos, no existen medidas de control de la fuente, sólo se podrían efectuar medidas de contención.

### ***Rebalse de una Laguna de Lixiviados***

La causa más recurrente de un rebalse de los sistemas de contención de lixiviados corresponde al manejo insuficiente de las aguas superficiales o lluvia; en estos casos se recomienda:

- Reducir la superficie del frente de trabajo (por ejemplo cubrir los residuos con láminas plásticas);
- Profundizar las canaletas de captación de aguas lluvia;
- Instalar diques de desvío de las aguas lluvia; y
- Efectuar una mantención y limpieza de todas las obras de manejo de aguas.

Por otra parte, el rebalse puede ser atribuible al subdimensionamiento o diseño inadecuado de las obras de contención de lixiviados. En estos casos, se debería aumentar la cota de la laguna, instalar bombas adicionales, estanques adicionales u otra medida similar.

### ***Deslizamiento de la Masa de Residuos***

Las medidas factibles son las siguientes:

- Remoción de los residuos y reperfilamiento con pendientes menores ( $<1: 2,5$ );
- Cobertura de los residuos con tierra (retención de la humedad);

En el caso de un problema de estabilidad existe el riesgo de un rompimiento de la geomembrana (se tendrá que comprobar que la impermeabilización de fondo esté intacto).

### ***Afloramiento de Lixiviados en los Taludes del Relleno***

La causa del afloramiento de lixiviados en los taludes de un relleno sanitario suele ser el uso de un material de cobertura muy impermeable. Si este es el caso, se recomiendan las siguientes medidas:

- Remoción de la capa de cobertura intermedia (de manera de permitir la infiltración de lixiviados hacia el fondo);
- Excavación o perforación del relleno (hasta unos 2 a 3 m sobre la impermeabilización basal);
- Instalación de drenajes verticales, que permitan el drenaje de los lixiviados y gases;
- Reperfilamiento de los taludes, con pendientes máximas de 1:2,5;

En este caso, se supone que hay un sistema de impermeabilización y captación de los lixiviados en el fondo del relleno sanitario.

### ***Rotura de la Impermeabilización***

A su vez, la infiltración de lixiviados puede ocurrir por diversas razones:

- Fallas de los materiales empleados en la impermeabilización (por parte del proveedor) ;
- Construcción deficiente (falta de un control de calidad, maquinaria inadecuada);
- Rotura de la geomembrana, debido al deslizamiento de la masa de residuos (inestabilidad del relleno);
- Subdimensionamiento de las obras hidráulicas para la contención del líquido;
- Falta de acciones de prevención y mantención; etc.

Cuando se detecta que existe una posible infiltración de líquidos percolados, las acciones a seguir son generalmente:

- Determinar donde se encuentra la infiltración;
- Tratar de aislar la zona de la rotura, ya sea mediante el aumento de la tasa de retorno de los líquidos al área de disposición o conduciéndolos a otro receptáculo (estanque, laguna o piscina de emergencia, etc.);
- Sellar la filtración, aplicando generalmente material bentónico y parches de membrana sellados a presión.

### 3 MEDIDAS DE CONTENCIÓN

Las medidas de contención tienen por objetivo evitar que el derrame de un producto químico alcance cursos de agua, alcantarillas y pozos, los contamine y tenga una mayor propagación. Una vez que esté contenido será factible remover el producto en forma relativamente concentrada, una medida mucho más eficaz que una restauración.

Las medidas de contención o de aislamiento de un contaminante son acciones desarrolladas *in situ*, y consisten en limitar el desplazamiento horizontal del contaminante mediante barreras físicas a nivel superficial y subterránea. Las barreras físicas a emplear incluyen:

- Receptáculos provisionales,
- Diques, muros o pantallas de contención,
- Zanjas de desvío o trincheras,
- Delimitación con materiales absorbentes,
- Recuperación de la “fase libre” del producto,
- Otras

Son medidas de carácter temporal y están condicionadas a las características del suelo (pendiente, profundidad, permeabilidad, etc.) y la movilidad de los contaminantes. A diferencia del control de la fuente responden al material ya derramado (Figura VI-I).

La eficacia de la contención depende del tiempo transcurrido entre la ocurrencia del derrame y el comienzo del control. Es más probable contener un derrame continuo de poco volumen, que la salida brusca del material de un recipiente o cisterna.

Para aplicar medidas de contención es necesario identificar la sustancia, en lo que se refiere a su estado físico (líquido, sólido o gas), el grado de peligrosidad de acuerdo a su clase (inflamable, corrosiva, tóxico, radiactivo, etc), la ubicación del incidente, el tamaño del incidente, características ambientales (ver también Capítulo III y IV).

#### 3.1 Control de Derrames Menores (con Receptáculos Provisionales)

En general, es recomendable tener disponible un *kit* de contención de derrame con el equipo de trabajo o por lo menos cerca de éste. Éste puede ser comercialmente preparado o preparado por el propio interesado, adaptado a sus necesidades.

Como mínimo debería contener:

- Tambores plásticos de 120 litros con tapa con mecanismo de cierre hermético
- Pala plana de plástico
- Rollos (gusanos) de material absorbente
- Paños absorbentes

- Bolsas plásticas resistentes
- Material absorbente a granel
- Cojines absorbentes de 25 litros de capacidad
- Guantes resistentes a químico (acrilo-nitrilo)

El tambor proporciona un lugar conveniente para almacenar y para transportar los materiales de la contención y de la limpieza general y servirá como envase para disponer los materiales recuperados durante la limpieza general.

En esta lista no se menciona arena por su escaso poder absorbente aunque podría ayudar en la contención.

### **3.1.1 Derrames de Hidrocarburos**

Para el caso de derrames de hidrocarburos se recomienda lo siguiente:

- Apartar todas las fuentes de ignición y asegurar que exista una buena ventilación en la zona. Los derrames deben cubrirse con espuma para reducir el riesgo de ignición;
- Limpiar de inmediato el material derramado, el cual se mantendrá hasta que la zona sea declarada segura, empleando polvo seco o dióxido de carbono;
- Contener y recoger el producto utilizando arena, aserrín o algún otro material absorbente. En caso de derrame sobre agua, prevenir la extensión del producto empleando las medidas de contención adecuadas. Recoger el producto de la superficie;
- En caso de vertido en el mar pueden emplearse dispersantes autorizados por las autoridades gubernamentales o reguladoras;
- Proteger las alcantarillas de posibles derrames para evitar la contaminación;
- No verter el producto en las alcantarillas;
- Debe mantenerse una vigilancia regular en la zona de vertido.

Si bien el aserrín no es un absorbente convencional, es comúnmente usado en muchas industrias (si se trata de hidrocarburos no-clorados no habría inconveniente eliminar el material utilizándolo en alguna caldera, previa autorización por el Servicio de Salud).

### **3.2 Diques de Contención**

Generalmente, los diques son hechos de tierra o arena compactada o ensacada construidos a nivel de suelo, mientras que los muros o pantallas, son excavaciones un poco mas profundas construidas de cemento, lodos bentónicos o de hormigón.

### **3.3 Trincheras**

Las trincheras consisten en horadar la tierra de la profundidad y longitud que sea necesario, la cual puede ser cubierta con un material plástico, para evitar que la tierra absorba la sustancia derramada.

### 3.4 Uso de Materiales Absorbentes

Existen dos categorías importantes de absorbentes: los que absorben y los que gelifican el material derramado. Algunos de los materiales absorbentes incluyen:

- Tierra de diatomeas;
- Celulosa;
- Arcillas;
- Microfibras de polipropileno desmenuzadas;
- Partículas de silicato.

Además de la capacidad de absorción, en el caso que el material absorbente vaya a ser incinerado, se debe considerar el contenido de ceniza residual del material luego de la incineración del material utilizado.

Las ventajas de los materiales de celulosa y fibras de polipropileno son que tienen un contenido de ceniza bajo, son livianos y fáciles de transportar. Otra ventaja adicional de los materiales de celulosa es el bajo nivel de residuos después de realizada la limpieza general en la vegetación circundante y es biodegradable.

Por el contrario las fibras del polipropileno no se biodegradarán, y su color blanco puede ser poco atractivo en el paisaje.

El material de partículas de silicato expandido tiene la ventaja de ser liviano, pero genera más ceniza residual que los dos tipos de materiales anteriores. Además comparte con las fibras de polietileno los inconvenientes de no ser biodegradables y de las características feas del color.

La arcilla y los productos de tierra de diatomeas, sin embargo, están bien adaptados a las condiciones climáticas con vientos. Si bien no biodegradan, se incorporan en un tiempo relativamente corto en el suelo circundante con pocos o ningún efecto nocivo. La desventaja a estos dos tipos de productos es que son pesados y, cuando son incinerados crean más ceniza residual que otros productos. Si el material derramado crea desechos peligrosos regulados, se debe evitar la arcilla y la tierra de diatomeas.

Los absorbentes gelificadores ocupan un lugar pequeño en el mercado de absorbentes pero valioso en la contención del derrame. Ofrecen la capacidad de inmovilizar inmediatamente el líquido convirtiéndolo en un sólido parecido a la goma, que se puede recoger con pala. El gel agrega poco peso adicional al material derramado. Sin embargo, su utilidad se limita a los líquidos reunidos. En superficies mojadas, el gel tiende a pegarse y es difícil de quitar. El costo relativamente alto (US\$25 a US\$30 por kilo) hace del gel una opción pobre en derrames grandes.

En el Anexo G se adjuntan antecedentes adicionales sobre diferentes materiales absorbentes.

### **3.4.1 Absorbentes para Hidrocarburos**

Los materiales absorbentes para hidrocarburos incluyen:

#### ***Barreras de material sintético***

Un tipo de material absorbente son los llamados “gusanos”. El uso primario de los gusanos rollos absorbentes es contener un derrame. Hay una variedad de rollos disponibles para resolver las necesidades particulares, y deben seleccionarse según su capacidad de absorber y contener con eficacia el material del derrame. Si las sustancias químicas que se están usando son solubles o emulsionables en agua, el mayor volumen a controlar es agua. En estos casos el relleno de los gusanos absorbentes son microfibras sintéticas de polipropileno 100%, existiendo también de otras fibras no tejidas o de partículas de silicato expandido.

Los materiales con fibras absorberán hasta 11 veces su peso, mientras que los materiales de partículas de silicato son capaces de absorber hasta 15 veces su peso en líquido derramado. Un gusano típico de 12 cm de diámetro y 3 metros de largo absorberá entre 75 y 100 litros de líquido.

También existen los cojines y las almohadillas absorbentes que se fabrican con los mismos tipos de materiales usados en los gusanos. Están disponibles en varios tamaños y formas. Los cojines y las almohadillas absorben los derrame que han sido contenidos con los gusanos. Sin embargo si el volumen es grande, y siempre que sea posible, habrá que bombear o drenar el material hacia piscinas o contenedores alejados. El material se debe tratar de recuperar para disposición final en otro sitio.

#### ***Espumas***

Los accidentes que involucran derrames de líquidos inflamables, generalmente se controlan con espuma concentrada la cual es químicamente compatible con el material en llamas. Existen dos tipos de espumas: regular y resistente al alcohol.

Algunos líquidos inflamables, incluyendo derivados del petróleo, pueden ser controlados mediante el uso de espuma regular. Otros líquidos inflamables que son solubles en agua pero que tienen diferentes propiedades químicas (cetonas y alcoholes), deben ser controlados con espumas resistentes al alcohol. Este tipo de espuma también puede ser usada para sustancias cuyo efecto secundario tenga características tóxicas y corrosivas.

#### ***Dispersantes***

Los dispersantes son mezclas que contienen agentes tensoactivos para reducir la tensión interfacial entre los hidrocarburos y el agua de mar. Esto permite que una mancha de hidrocarburos se fragmente en gotas muy pequeñas (de diámetro inferior a 100 micras) que se dispersan rápidamente por la masa de agua a consecuencia del movimiento natural de ésta.

Por regla general, se pueden encontrar dos tipos de dispersantes de hidrocarburos. Se les suele llamar dispersantes "corrientes" y "concentrados":

- Los dispersantes corrientes suelen ser basados en disolventes de hidrocarburos y contienen una mezcla de emulsificadores. Se suelen aplicar sin diluir, tal como los suministra el fabricante.
- Los dispersantes concentrados son mezclas de emulsificadores, agentes humectantes y disolventes oxigenados. Contienen más ingredientes activos que los dispersantes corrientes y suelen provocar una dispersión más rápida y mejor de los hidrocarburos.

Algunos de estos productos son descritos por sus fabricantes como dispersantes automezclables y pueden utilizarse:

- Sin diluir para rociar desde el aire y, en algunos casos, desde buques de superficie;
- Diluidos en agua de mar, cuando se aplican desde buques de superficie.

Las pruebas de laboratorio han demostrado que los dispersantes corrientes y los concentrados diluidos pueden dispersar hasta 8 veces su propio volumen de hidrocarburos, mientras que los dispersantes concentrados pueden dispersar hasta 80 veces su propio volumen.

Sin embargo, dada la tendencia a la fragmentación de la mancha de hidrocarburos y por otras razones de orden práctico, en la realidad no se alcanzan esas tasas y la proporción de dispersante/hidrocarburo más frecuente en los climas templados es de 1 a 2 en el caso de los dispersantes corrientes y concentrados diluidos, y de 1 a 15 en el de los concentrados sin diluir. Si bien en los trópicos se pueden conseguir proporciones mejores. Si no se obtiene una dispersión satisfactoria con las indicadas concentraciones, ello puede deberse a una aplicación insuficiente de dispersante. Por otra parte, si el incremento de la cantidad aplicada no da resultados, habrá que llegar a la conclusión de que los dispersantes utilizados no son eficaces para los hidrocarburos de que se trate, en las condiciones ambientales reinantes.

La remoción de los hidrocarburos de la superficie del agua reduce la influencia directa del viento y la posible formación de emulsiones. También aumenta la proporción de superficie por volumen de los hidrocarburos, lo cual puede contribuir a la biodegradación.

Es importante, sin embargo, conocer las limitaciones de los dispersantes. Aunque en general sirven para dispersar la mayoría de los petróleos crudos y las emulsiones líquidas de agua en petróleo, no son efectivos con emulsiones espesas o petróleos con punto de fluidez cercanos o sobre la temperatura ambiente. En la práctica esto implica que los dispersantes son inútiles con aceite, aceites combustibles pesados, o en casos



en que petróleos crudos han estado expuestos a los procesos naturales por alrededor de 24 horas o más ya que para entonces habrán convertido en emulsiones viscosas.

Aún cuando los dispersantes constituyan, con frecuencia la única solución práctica para combatir derrames en el mar, sigue siendo un tema de gran controversia, en particular en relación a su toxicidad para la vida marina y el hecho que ellos son otros contaminantes en el mar.

En el caso de los dispersantes usados en el mar, la tasa de dispersión o dilución es de importancia fundamental. Las condiciones hidrográficas, los métodos de aplicación y las características ecológicas del área serán factores cruciales para determinar si el dispersante o su mezcla con petróleo producirán un daño significativo. En realidad, la decisión que deberá tomarse será más bien basada en la comparación de los daños que produciría la aplicación de dispersantes y aquellos que produciría el petróleo sin tratamiento alguno.

Por lo tanto, por una parte el uso controlado de dispersantes de baja toxicidad puede minimizar el daño a aves marinas, recursos costeros y vida marina intermareal, al remover el petróleo de la superficie. Por otra parte al dispersar el petróleo en la columna de agua, se podría exponer más a las pesquerías y vida marina en general. La decisión de usar o no dispersante depende entonces de una política basada en las prioridades de protección, debiendo tenerse en consideración los riesgos humanos, la practicabilidad de usar medios físicos de contención y recuperación, condición del petróleo o su dispersabilidad, consideraciones logísticas y consideraciones ecológicas sobre el área afectada (vulnerabilidad).

### **3.5 Recuperación de Producto “Libre” (Por ejemplo: Hidrocarburos)**

El diseño, programación y puesta en marcha del un procedimiento de recuperación de producto libre, requiere previamente conocer el grado de dificultad del proceso y la magnitud del incidente. Se requiere delimitar la zona afectada, determinar los contaminantes existentes, sus volúmenes y características del suelo, teniendo en cuenta que la recuperación esta gobernada por la permeabilidad del medio y la viscosidad del producto.

Dependiendo de la profundidad a la que se encuentre la sustancia derramada, las obras a realizar pueden ser zanjas, pozos abiertos, sondeos y pozos puntuales.

Existen distintos métodos para lograr una recuperación efectiva de la sustancia derramada:

- **Extracción total del fluido:** donde se extraen conjuntamente el agua e hidrocarburo mediante equipos neumáticos de bombeo. Este método es de alto rendimiento.



- **Extracción única de sustancia:** donde se extrae el hidrocarburo que se encuentra en fase libre al ritmo que lo facilita la formación. Se utilizan skimmers<sup>1</sup> con bombas fundamentalmente del tipo doble diafragma. Se obtiene el producto final tal cual se encuentra en el subsuelo.
- **Bombeo dual agua-hidrocarburo:** se basa en un bombeo de agua con el objeto de formar un cono de depresión, engrosando en su interior el hidrocarburo que es extraído con una bomba especial para hidrocarburos. Se utilizan bombas de doble diafragma y skimmers. Este método es ampliamente utilizado desde hace más de 2 o 3 décadas.
- **Extracciones mejoradas:** se trata de un método que combina los presentados anteriormente, trabajando a temperaturas elevadas y tensoactivos.

Al decidir realizar las acciones de recuperación del material es conveniente tener presente lo siguiente:

- Cuando existe una masa de hidrocarburos se producen compuestos orgánicos volátiles que tienden a migrar a la atmósfera, pero que pueden acumularse y formar mezclas explosivas.
- Son frecuentes las oscilaciones en los niveles freáticos que se traducen en oscilaciones de la sustancia sobrenadante, por lo cual es necesario utilizar skimmers.
- En la medida que disminuye el contenido de hidrocarburo en el subsuelo pueden aumentar los costos de su recuperación, por lo que es muy importante considerar el uso que puede tener el terreno a futuro y el límite de la sustancia adecuado para permitir ese uso.

### 3.6 Otras Medidas

#### 3.6.1 Neutralización de Ácidos, Básicos

En algunos casos de derrames de líquidos se suele utilizar cal para neutralizar derrames ácidos, pero hay que tener cuidado de no elevar demasiado la temperatura.

#### 3.6.2 Control de Nubes de Vapores

Las sustancias que se derraman o escapan de un recipiente por causa de un accidente pueden generar nubes de gases y/o vapores.

El control de estas nubes depende de varios factores, entre ellos su extensión, la naturaleza química del incidente, propiedades físicas y químicas de las sustancias, condiciones de viento, humedad, etc.

---

<sup>1</sup> Los skimmer son aparatos que permiten la entrada selectiva de las sustancias absorbidas, en este caso el hidrocarburo, separándola del agua a través de una membrana hidrofóbica –oleofílica existente en su interior. Existen de separación selectiva (usados para hidrocarburos livianos) y de gravedad específica (se usan cuando existe una gran cantidad de sustancia o cuando esta sucia).

En general, la dilución con abundante cantidad de agua (sustancias solubles) es suficiente para eliminar la producción de vapores. En el caso de sustancias insolubles se puede abatir la producción de vapores generando una niebla de agua.

### **3.6.3 Control de Polvo**

Los efectos del polvo son muy numerosos y variados: es motivo de molestia para las personas, genera un ensuciamiento general del entorno habitado y una disminución de la calidad del aire respirable. Por otra parte independiente de la toxicidad del polvo, y del contenido en metales, el polvo genera efectos dañinos sobre la vegetación (disminuye la capacidad de aspiración de CO<sub>2</sub> y agua en las plantas, por la menor penetración de la luz).

Entre las medidas de control de polvo más recurrentes se encuentran:

- Humectación de superficies con agua: es un método económico y efectivo, pero su principal inconveniente es la frecuencia de aplicación sobre todo en días calurosos. Para aplicar la humectación generalmente se utilizan camiones aljibes.
- Estabilizantes químicos: los tres tipos de agentes más utilizados son: humidificadores, sales higroscópicas y agentes creadores de costra superficial. Los humidificadores actúan disminuyendo la tensión superficial del agua consiguiendo humectar el polvo más fino. Las sales atraen el vapor de agua, retrasando la evaporación de sus soluciones con el agua y elevando la humedad de la capa superficial del suelo. Los agentes creadores de costra pueden estar constituidos por lignosulfonatos, resinas sintéticas, compuestos vinílicos etc.
- Cobertura con geosintéticos: es un método que evita la suspensión de polvo y también el contacto de agua con sustancias que no se desean lixiviar.

### **3.6.4 Escapes de Gases**

Frente a pérdidas en cilindros de gases comprimidos:

- Si el contenido es inflamable, y se está incendiando es conveniente no extinguir el incendio, debido a que el gas puede generar una nube explosiva al mezclarse con el aire;
- Si el gas no es peligroso es más seguro dejar que se vacíe hacia el aire;
- Gases como el oxígeno, acetileno e hidrógeno es conveniente tener presente que al ventilarlos al aire libre esta acción se realice en una zona libre de chispas;
- En cilindros grandes (sobre 1 ton) en que la pérdida es en el cuerpo del cilindro, es conveniente girarlo para que su contenido salga en fase gaseosa y no líquida, retardando la generación de nubes gaseosas (como es el caso del cloro).

## **4 OTRAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN**

En general, las medidas de contingencia están dirigidas a un control de la contaminación en la fuente o cercana a ella. Existen algunas medidas de protección de los componentes ambientales, que deben ser consideradas:

### **4.1 Cuerpos de Aguas Superficiales y Subterráneas**

Para la protección de cursos superficiales y subterráneos es necesario ejecutar en forma eficiente y efectiva las medidas de contención de derrames.

Para la protección de cursos subterráneos es necesario conocer la estratigrafía del terreno para conocer la potencial dirección de las napas subterráneas. También es necesario conocer la ubicación de pozos de agua que se encuentren vulnerables.

Eventualmente, habría que tomar precauciones para restringir el uso de algunas fuentes de agua (aguas abajo del derrame):

- Norias de casas cercanas (dentro de 300 m);
- Pozos de suministro de agua potable público, relativamente cercanas (dentro de un radio de 600 m);
- Cuerpos de agua superficial utilizados como fuente de agua para bebida de animales;
- Aguas superficiales utilizadas para el riego de cultivos agrícolas; y
- Cuerpos de agua superficial, utilizados para el baño, entre otros

Respecto a las aguas de pozo las acciones de protección están dirigidas a proteger a los eventuales medios de acumulación de agua limpia y la salud de las personas. Para ello es de primordial importancia la comunicación de la emergencia a las personas que se encuentran en el área vulnerable. Se deberá interrumpir la succión de aguas de pozo que se encuentren dentro de la zona vulnerable a la emergencia, entregándoles el recurso en forma envasada mientras se soluciona la emergencia.

### **4.2 Canales de Regadío**

En el caso de que se haya contaminado el agua de un canal de regadío, la primera medida es tratar de interrumpir el flujo aguas arriba y aguas abajo de la zona del derrame. Para ello se puede contactar a la asociación de canalistas involucrada para notificar sobre la necesidad de interrumpir el flujo.

La interrupción del flujo puede realizarse a través del cierre de compuertas si es que éstas existen, desviando el curso hacia otro sector (cerrando el paso por medio de la construcción provisoria de un pretil de contención y construyendo zanjas paralelas que permitan que el agua limpia siga su curso), mientras se aplican acciones de emergencia para recuperar o limpiar la sección del canal contaminado.

Por otra parte, se puede informar a los agricultores en el sector afectado para que eviten el regadío de sus cultivos durante la duración de la emergencia.

#### **4.3 Protección de la Fauna Silvestre (Rescate de Especies)**

En todo manejo de fauna deben distinguirse dos aproximaciones diferentes; la primera cuyo objetivo es la protección de especies o taxa específica, y una segunda cuya finalidad es la protección de comunidades o ambientes. Estas aproximaciones consideran la Estrategia de Filtro Fino / Filtro Grueso para la protección de la fauna (Noss, 1987).

Las medidas de filtro grueso más destacadas corresponden a la conservación de hábitat inalterado (descritos anteriormente, ver también Capítulo VII).

Entre las medidas de filtro fino destacan las referidas a rescates de especies con problemas de conservación. En el caso de la ocurrencia de derrames que pudiesen afectar cursos de agua y su fauna se recomiendan las siguientes medidas:

- Detectar la presencia de animales contaminados para su captura
- Una vez capturados los animales deben ser examinados y se debe establecer un sistema de identificación de los individuos a fin de monitorear el progreso del “paciente”, de preferencia en el centro de rehabilitación más cercano.
- Enjuagar los ojos y el interior de la boca con cotones de gasa. Enseguida lavar completamente con agua. Se debe administrar suero a los animales severamente deshidratados. En aquellos que estén menos deshidratados, el tracto gastrointestinal debe ser lavado por entubamiento. En el caso de los derrames de petróleo, se recomiendan pequeñas dosis de Pepto-Bismal, para aliviar los intestinos irritados.
- Luego, dejar al ejemplar contaminado en un lugar templado y tranquilo, permitiendo su estabilización por 8-24 horas, antes de comenzar el proceso de lavado final. Se deben agregar nutrientes a las soluciones de entubamiento y alimentar a los ejemplares cada 4-6 horas.
- Se deben disponer de grandes piscinas, las que deben ser cubiertas con toallas y llenadas parcialmente con agua a 40°C.
- Los animales contaminados deben ser mojados completamente.
- Usando una botella de spray, aplicar una solución de detergente doméstico directamente en la piel o las plumas, procurando saturar aquellas áreas especialmente contaminadas.
- Permitir la emulsificación por algunos minutos y frotar las plumas o piel en dirección del crecimiento. El individuo afectado debe ser removido de la piscina cuando el agua se ensucie para comenzar un nuevo proceso de lavado. Las víctimas empetroladas pueden requerir tres o más lavados.
- Los animales deben ser completamente enjuagados para ser rehabilitados.
- Cualquier residuo de detergente impide el aislamiento del agua (en el caso de las aves acuáticas).

- El enjuague debe continuar hasta que el agua se desplace libremente sobre la piel o las plumas.
- Una vez seco el animal, se debe permitir el acceso a una piscina pequeña.
- La liberación puede hacerse 4-5 días después del lavado. Se calcula que la limpieza completa de un individuo puede requerir el esfuerzo de 5 personas y 570 litros de agua durante una hora de lavado.

Frente a una emergencia hay que procurar minimizar la alteración de paños de vegetación que puedan conformar hábitat para la fauna.

#### **4.4 Vegetación Silvestre**

No hay muchas opciones de medidas inmediatas para la protección de la vegetación silvestre, su protección depende de la eficacia de las medidas de control y contención del derrame (ver puntos anteriores).

El aspecto más importante es evitar que las medidas de contingencia tengan mayores impactos en sí, por ejemplo la aplicación de agentes químicos para la absorción o neutralización del derrame.

## **5 FICHAS DE RESUMEN (POR TIPO DE EMERGENCIA)**

En la Tabla VII se proporciona un resumen de medidas de control y contención por tipo de evento.