

**Manual de gestión y presupuesto
para los estudios de impacto
ambiental de la etapa de abandono
de estaciones de servicio en el
ámbito de la Ciudad de Buenos Aires**

**Quimica Paipe
www.quimicapaibe.com.ar**

**Roberto Goldschmidt
Roberto@quimicapaibe.com.ar
Buenos Aires (Argentina)**

Junio 2011

INDICE

RESUMEN EJECUTIVO	3
1. OBJETIVO DEL MANUAL	4
1.a) Objetivo General	4
1.b) Objetivos particulares	4
2. INTRODUCCION	5
3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO: PROCESO Y PASOS A SEGUIR	6
3.a) Plan de muestreo y análisis	6
3.b) Diagnostico y corrección	6
3.c) Presupuestos y cálculos de costos	9
4. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	10
4.a) Nación	10
4.b) Ciudad de Buenos Aires	10
4.c) Normativa internacional adoptada en este manual	10
5. MUESTREO Y ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS	11
5.a) Selección de parámetros a analizar	11
5.b) Límites máximos permitidos en suelos	11
5.c) Límites máximos permitidos en aguas	12
5.d) Normas a aplicar para realizar los análisis	12
5.e) Metodología de los estudios y toma de muestras	12
5f) Determinación de costos	13
5.g) Bibliografía	14
6. MEDIDAS DE CORRECCION DE SUELOS Y AGUAS	16
6.a) Introducción	16
6.b) Normativa	16
6.c) Tratamiento de suelos y aguas contaminadas	17
6.d) Técnicas para la remediación de suelos y aguas	18
6.e) Procedimientos de corrección ofrecidos por las empresas de tratamiento y remediación existentes en la zona	24
6.f) Selección de la metodología a aplicar	24
6.g) Bibliografía	24
7. PRESUPUESTO	26
7.a) Cálculo	26
7.b) Bibliografía	26
8. BIBLIOGRAFIA	27

RESUMEN EJECUTIVO

Al momento de cerrar una estación de servicio se deben seguir ciertos pasos tales como la extracción de los tanques subterráneos y cañerías de distribución de naftas e hidrocarburos.

También deben tomarse muestras de suelo y aguas subterráneas para controlar la inexistencia de contaminación, y en caso de existir contaminación, se deben tomar medidas de corrección o remediación.

Estas medidas de corrección van desde la simple extracción del suelo para pequeños volúmenes, hasta técnicas mas complejas que se describen en el presente manual.

Finalizadas las tareas de corrección y luego del análisis de nuevas muestras que aseguren que la presencia de contaminantes esta dentro de lo permitido por ley se puede proceder al cierre definitivo de la estación de servicio.

El presente manual busca servir de guía para aquellos profesionales o empresas consultoras que tengan a su cargo la realización del Estudio de Impacto Ambiental del cierre de las estaciones de servicio.

En el mismo se describe la normativa vigente tanto a nivel nacional como las normas de la Ciudad de Buenos Aires. También se nombran las normas extranjeras que son de uso habitual en nuestro medio cuando la normativa local no brinda datos.

Basándose tanto en la Legislación vigente, como en las normas extranjeras internacionalmente aceptadas se dan pautas para el procedimiento de muestreo y para decidir que tipo de análisis realizar.

El manual da también los costos de los diferentes análisis y del trabajo profesional al dia de la fecha, así como una guía para poder presupuestarlo en años posteriores cuando estos costos cambien.

Por ultimo se brinda un abanico de alternativas para la corrección y remediación de suelos y de aguas subterráneas, así como las ventajas y desventajas de cada tecnología.

1. OBJETIVO DEL MANUAL

1.a) Objetivo General:

El objetivo del presente manual es servir de guía para los profesionales o empresas consultoras que deban realizar estudios ambientales en la etapa de cierre de estaciones de servicio en el ámbito de la Ciudad de Buenos Aires.

El manual busca guiar al profesional para la gestión (pasos y procedimientos a seguir), así como para presupuestar el trabajo.

1.b) Objetivos particulares:

1. Identificar los pasos necesarios para la aprobación ambiental del cierre o abandono de estaciones de servicio.
2. Desarrollar la metodología de los estudios ambientales para tal fin, identificando los distintos casos que se pudieran presentar.
3. Desarrollar la estructura de costos de esta intervención.
4. Exponer sobre los distintos métodos de remediación, su valoración económica y metodología de trabajo.

2. INTRODUCCION

Al momento de decidir el cierre de una estación de servicio se deben seguir una serie de pasos que aseguren que una vez abandonada la misma no presente ningún riesgo para la salud de los futuros usuarios del predio o los vecinos. También debe asegurarse que tanto el suelo como las aguas subterráneas estén libres de contaminantes o que los mismos estén a un nivel menor que los máximos permitidos.

En la Ciudad de Buenos Aires, la Agencia de Protección Ambiental (APRA) es el organismo encargado de controlar que se cumpla la normativa.

Si bien a nivel nacional y municipal existen diferentes normas que regulan algunos aspectos del abandono de las estaciones de servicio, las mismas no son muy específicas y solo dan una pauta muy general de los pasos a seguir. La normativa vigente indica que se debe cumplir con los valores y límites máximos establecidos por normas internacionales, y seguir la metodología de trabajo indicadas en esas mismas normas internacionales.

En el presente manual se eligieron las normas EPA para los análisis, y la normativa mejicana para límites máximos y muestreos.

En los diferentes capítulos de este manual se desarrollaran los pasos a seguir para realizar un plan de muestreo, los parámetros a medir y que normas internacionales utilizar.

Se vera también cuales son los límites máximos aceptados para cada parámetro y cuales son las técnicas para corregir la contaminación si se determina que la misma existe a un nivel mayor que el aceptado.

También se vera como presupuestar cada paso.

3. PROCEDIMIENTO DE TRABAJO: PROCESO Y PASOS A SEGUIR

3.a) Plan de muestreo y análisis:

En el procedimiento habitual de trabajo que debe llevar adelante el profesional a cargo del cierre de una estación de servicio lo primero es preparar un plan de muestreo y análisis

El plan de muestreo se decide en base a la antigüedad del establecimiento, el tamaño del mismo, informes de las auditorias que se realizaron en la Estación de Servicio y controles a los registros históricos que todo establecimiento de este tipo debe llevar por ley.

En estos registros se vuelca periódicamente el movimiento de combustibles, confrontando el inventario real contra el que surge del movimiento.

Una diferencia indica pérdidas de combustibles.

El plan de muestreo y análisis es el que permitirá realizar un diagnóstico del estado, tanto del suelo como de las aguas subterráneas, y en base a sus resultados es que se determina si es necesaria una actuación para corregir o no.

En el plan de muestreo y análisis debe determinarse:

- Cuantas muestras se tomaran del suelo y a que profundidades.
- Si es necesario tomar muestras de agua, cuantas se deben tomar.
- Que parámetros se analizaran
- Que métodos de análisis se utilizaran

El plan de muestreo y análisis debe ser flexible y contemplar alternativas para en caso de encontrar contaminantes ampliar la zona de exploración.

Antes de proceder a la toma de muestras el profesional a cargo del Estudio de Impacto debe presentar el plan de trabajo a la APRA, quien lo aprueba o sugiere cambios. Junto con el plan de monitoreo debe presentarse la documentación y los datos históricos específicos de la estación de servicio que se esta cerrando, ya que cada caso se estudia en forma individual.

Una vez consensuado con APRA el plan de muestreo puede procederse a realizar el mismo y en base a los resultados se realiza un diagnóstico.

En el Capítulo 5 del Manual se desarrollan en detalle tanto la metodología para planificar el muestreo como el tipo de análisis que se realizaran.

3.b) Diagnóstico y corrección:

En base a los resultados de los análisis de suelo y agua se determina si existe contaminación.

En caso que se cumpla con los límites máximos establecidos se presenta el estudio de impacto en la APRA y se procede al cierre definitivo de la estación de servicio una vez cumplimentados todos los trámites.

Si con los análisis se determina la existencia de contaminantes más allá de los límites máximos, se debe implementar un plan de corrección.

Las medidas a implementar para la eliminación de contaminantes del suelo y agua se determinan contestando las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son los contaminantes?
- ¿Qué extensión y qué magnitud tiene la pluma de contaminantes?
- ¿Está contaminado el suelo, las napas freáticas o ambas?
- ¿Qué costo tienen las diferentes alternativas de corrección?
- ¿Cuál es el tiempo disponible para la remediación?

Para determinar las alternativas de corrección y remediación si bien el presente manual da una guía, lo ideal es pedir asesoramiento y presupuestos a las empresas de remediación inscriptas en los organismos ambientales, ya que serán las que luego procederán a realizar el trabajo.

Debe tenerse en cuenta que la normativa argentina establece un tiempo máximo de 180 días para implementar la remediación.

Al igual que el plan de monitoreo, el plan de corrección debe presentarse a la APRA para su aprobación o en su defecto para que proponga los cambios necesarios.

Aprobado el plan de trabajo por la APRA se pueden comenzar las tareas y procesos de remediación.

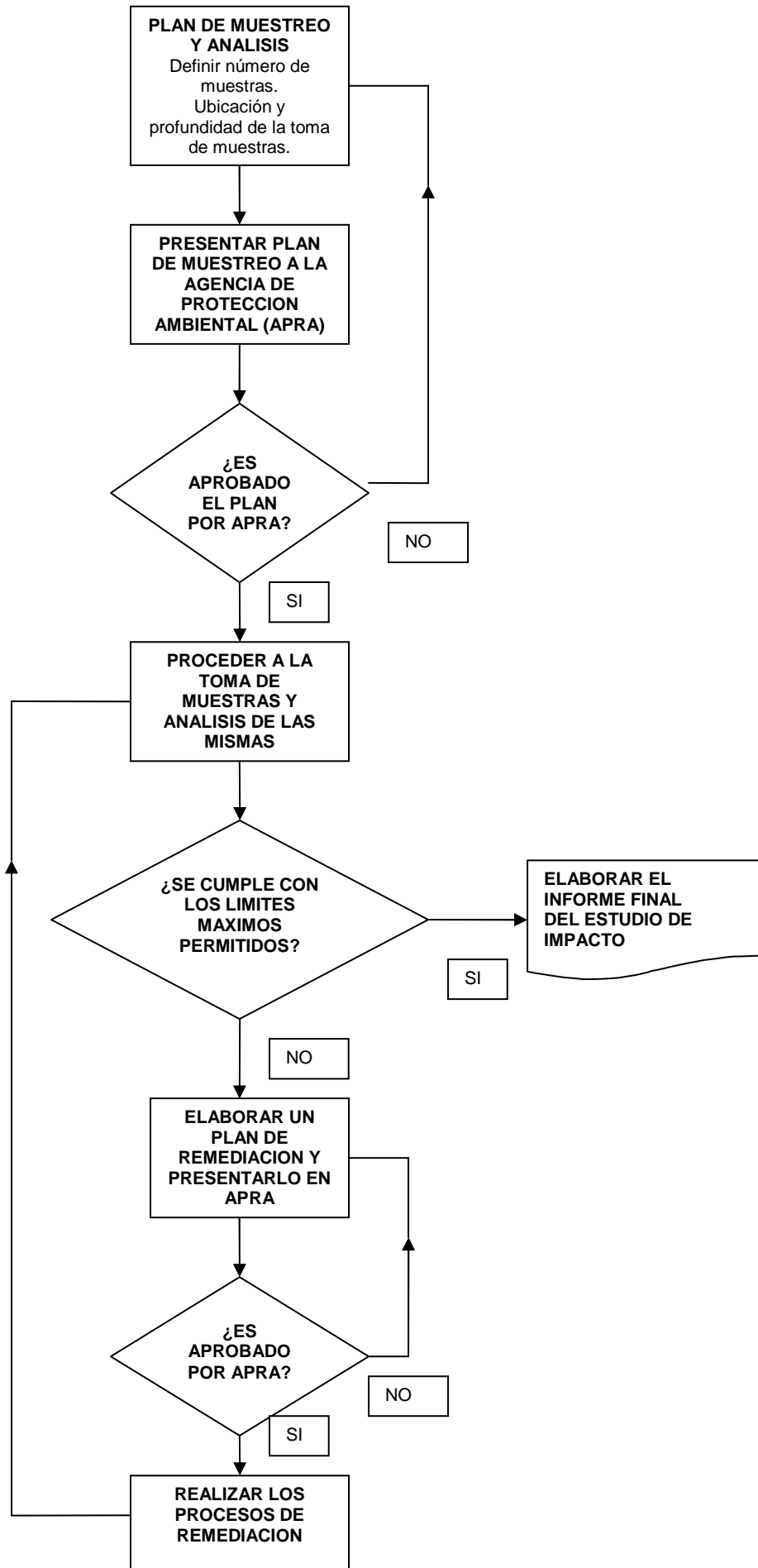
Una vez concluida la remediación se procede a una nueva toma de muestras para verificar que se corrigió la contaminación y tanto el suelo como el agua subterránea cumplen con los valores aceptados.

Una vez que los parámetros cumplen con los límites establecidos, presentando la documentación pertinente se puede proceder al cierre definitivo de la estación de servicio.

En el Capítulo 6 del presente manual se desarrollan en detalle las diferentes metodologías de remediación, considerando en que casos conviene aplicar cada una de ellas.

En la página siguiente se muestra en un diagrama que permite visualizar los pasos a seguir durante el proceso de cierre de una estación de servicio desde el punto de vista ambiental.

Se observan claramente dos etapas diferenciadas: El proceso de análisis y el proceso de remediación. En cada una de estas etapas hay análisis, gestiones, aprobaciones, etc.



3.c) Presupuestos y cálculos de costos:

En los diferentes capítulos del manual se dan los costos de cada procedimiento y la metodología para calcularlos

Debe tenerse en cuenta que los costos pueden variar a lo largo del tiempo y más importante aun, cada Estudio de Impacto tendrá su propio costo dependiendo de muchos factores como ser:

- Tamaño de la estación de servicio.
- Necesidad o no de proceder a la remediación.
- Necesidad de sucesivos análisis, o de ampliar el plan de muestreo.
- Profundidad y número, tanto de pozos de muestreo como de freáticos necesarios.
- Extensión y magnitud de la pluma de contaminación.

Por todo lo anterior es que se recomienda utilizar para una estimación general de costos los nomencladores de la Cámara Argentina del Medio ambiente para los análisis, y del Consejo Profesional de Química para honorarios profesionales.

En el caso de las tareas de remediación, tanto el presupuesto como las tareas de remediación en si, corresponden a la empresa que realiza el trabajo.

El consultor que realiza el estudio de impacto, coordina con la empresa las tareas a realizar y solo deberá realizar visitas al predio para controlar el correcto desarrollo de las mismas.

Tanto en el Capítulo 5 como en el Capítulo 6 se realizan los cálculos de costos en base a los valores actuales de ambos nomencladores.

Los nomencladores utilizados para presupuestar los trabajos son los indicados para consultar y realizar los cálculos actualizados en futuros trabajos

El Capítulo 7 se ve la metodología para calcular tanto los honorarios profesionales de quien realiza el Estudio, como el total para el cliente

4. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

4.a) Nación:

Ley 24051: Residuos peligrosos.

Resolución 404/94 de la Secretaría de Energía (Anexo IIA): Normas técnicas para control de pérdidas y contaminación en sistemas de almacenamiento subterráneo de hidrocarburos (SASH) y derivados en bocas de expendio de combustibles líquidos.

Resolución 785/05 de la Secretaría de Energía (Anexo I): Reglamento del programa nacional de control de pérdidas de tanques de almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados.

4.b) Ciudad de Buenos Aires:

Ley 123: De los procedimientos Técnico/administrativos para la EIA.

Ley 2214: Sobre residuos peligrosos.

Decreto 2020/07: Reglamenta la ley 2214.

Resolución 334/04: Obligación de presentar ante la municipalidad copia de los informes técnicos exigidos por la Res. 404/04 de la Secretaría de Energía.

4.c) Normativa internacional adoptada en este manual:

Al no haber en el ámbito de la ciudad de Buenos Aires una normativa específica sobre límites máximos permitidos, técnicas analíticas y medidas correctivas se utilizara la normativa aplicada en otros países y que es internacionalmente aceptada:

- Para los análisis de los diferentes parámetros, tanto en suelo como en agua subterránea, se utilizan las Normas EPA.
- Para Límites máximos permitidos, la NOM 138: Norma Mexicana 138.
- Sobre técnicas de muestreo y tiempo de conservación de las muestras: NOM 138.

5. MUESTREO Y ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

5.a) Selección de parámetros a analizar:

Si bien de la normativa de la Ciudad de Buenos Aires y la normativa nacional no establecen los contaminantes que se deben monitorear, así como tampoco fijan límites máximos ni normas específicas, si queda establecido que en caso de fugas o contaminación del suelo o agua subterránea debe corregirse la contaminación.

También la normativa establece que tanto los límites máximos como la metodología de medición de contaminantes debe ajustarse a la normativa internacionalmente aceptada.

Las principales normas aceptadas internacionalmente tanto para establecer los límites máximos como para realizar los análisis son: las Normas Holandesas, las texanas, ISO y las de la EPA, siendo estas últimas se seleccionaron tanto para el análisis de suelo como de agua

De acuerdo a la norma Mexicana NOM 138, a las Guías ambientales para estaciones de servicio (MAVDS) y recomendaciones de expertos argentinos consultados, deben analizarse tanto en suelo como en agua subterránea los siguientes parámetros:

- a) Hidrocarburos totales
- b) Hidrocarburos, fracción liviana (GRO)
- c) Hidrocarburos, fracción media (DRO)
- d) BTEX: Benceno, tolueno, etil benceno, xileno

5.b) Límites máximos permitidos en suelos:

HIDROCARBUROS FRACCION (mg/kg)	Uso de suelo predominante ¹		
	Agrícola ²	Residenciales ³	Industrial
Ligera	200	200	500
Media	1,200	1,200	5,000
Pesada	3,000	3,000	6,000
Benceno	6	6	15
Tolueno	40	40	100
Etilbenceno	10	10	25
Xilenos (suma de isómeros)	40	40	100

1. Para usos de suelo mixto, deberá aplicarse la especificación al menor valor de los usos de suelo involucrados.

2. Agrícola incluye suelo forestal, recreativo, y de conservación.

3. Industrial incluye comercial.

5.c) Límites máximos permitidos en aguas:

Hidrocarburos totales:	500
Benceno:	10
Xileno:	50
Tolueno:	70

Los valores están expresados en microgramos por litro

5.d) Normas a aplicar para realizar los análisis:

- a) **EPA 418-Hidrocarburos totales:** Es un método simple y económico, rápido y no requiere equipos sofisticados. Como contrapartida no es muy preciso ni aporta datos sobre la composición de la muestra. Tampoco detecta hidrocarburos livianos (PE menor que 70-80°C), rango en el que se encuentran algunos componentes de las naftas.
- b) **EPA 8015 B – Hidrocarburos- Fracción liviana:** Es un método muy preciso para cuantificar hidrocarburos en el rango de las naftas (GRO: hidrocarburos alifáticos de 5 a 10 carbonos y punto de ebullición entre 60 y 170°C). El método utiliza cromatógrafo de gases (GC) previa extracción.
- c) **EPA 8015 C – Hidrocarburos- Fracción media:** Es un método muy preciso para cuantificar hidrocarburos en el rango de los diesel (DRO: hidrocarburos alifáticos de 10 a 28 carbonos y punto de ebullición entre 170 y 430°C). El método utiliza cromatógrafo de gases (GC) previa extracción.
- d) **EPA 8260 B-BTEX.** Es un método que permite cuantificar en forma muy precisa cada uno de los VOCs. Se utiliza GC/MS previa extracción.

5.e) Metodología de los estudios y toma de muestras:

Los estudios ambientales se dividen en estudios de Fase I y estudios de Fase II.

Los estudios de fase I no implican un muestreo del lugar ya que se basan en análisis de datos históricos.

Se analiza la documentación existente para verificar que no hayan existido fugas.

Las fugas se evidencian cuando hay diferencias en los inventarios o cuando en una auditoria de los tanques o sistemas de distribución se verifiquen pérdidas.

De acuerdo a la normativa vigente, en caso de haber existido perdidas las mismas deben estar documentadas, así como las medidas que se tomaron para corregir las mismas y remediar la contaminación.

También deben estar documentados los análisis posteriores a la remediación donde consta que la misma corrigió el problema.

Los estudios de fase II ya implican la instalación de pozos freáticos para tomar muestras de las napas.

De la extracción de tierra al hacer el pozo se toman las muestras para el análisis de agua.

En principio se pueden realizar 3 o 4 perforaciones.

Las mismas deben estar bajo los tanques y caños.

Debe tenerse en cuenta que tanto los caños como los tanques subterráneos deben ser removidos al dar de baja la estación de servicio y destinar el predio para otro uso.

En estos 3 pozos se toma muestra de la napa y de suelo.

Si las muestras cumplen con los límites establecidos, y de los estudios de fase I se concluye que no ha habido fugas o que la contaminación ha sido remediada, no habrá necesidad de tomar acciones correctivas.

Por el contrario, si las muestras tomadas indican la presencia de contaminantes deberá procederse a establecer la pluma de contaminación tanto a nivel horizontal como vertical, debiéndose para ello realizar más perforaciones y tomando muestras a diferentes niveles.

El número de perforaciones dependerá del área contraminada pudiendo tomarse como guía la siguiente tabla extraída de la norma mejicana NOM 138:

Mínimos de puntos de muestreo de acuerdo con el área contaminada	
AREA CONTAMINADA (ha)	PUNTOS DE MUESTREO
HASTA 0.1	4
0.2	8
0.3	12
0.4	14
0.5	15
0.6	16
0.7	17
0.8	18
0.9	19
1.0	20
2.0	25

5f) Determinación de costos:

Existe un nomenclador de la CEMA (Cámara Empresaria del Medio Ambiente) para cotizar el análisis de muestras según el tipo de técnica utilizada y la matriz de la muestra

Utilizando como guía este nomenclador y los aranceles mínimos obligatorios del Consejo Profesional de Químicos se puede estimar como ejemplo el costo del muestreo y posterior análisis, a saber:.

Análisis de suelo	Análisis de agua
EPA 8015 B: \$ 370	\$ 160
EPA 8015 C: \$ 370	\$ 210
EPA 418: \$ 130	\$ 110
EPA 8260: \$ 325	\$ 325

Realizando todos estos análisis sobre una muestra de suelo y una muestra de agua el costo de análisis es \$2000.

Siendo 3 los pozos a muestrear en un primer muestreo para determinar la existencia de contaminantes el costo es \$6000

El valor de la hora profesional para la toma de muestra se calcula en \$ 70, estimado un tiempo de 4 horas para el traslado, toma de muestras, etc. y considerando que alcanza con un solo profesional para esta tarea hay que agregar \$ 280 por personal involucrado en esta tarea.

Conclusión: Para la primera etapa de análisis de suelo y agua (3 muestras de cada matriz) el costo es \$6280.

Si se encontraran contaminantes habrá que realizar nuevos muestreos en áreas circundantes y a diferentes profundidades para determinar la extensión de la contaminación.

Dependerá de la magnitud del trabajo de muestreo el costo del mismo.

Debe tenerse en cuenta que de acuerdo al tipo de contaminación detectada será el análisis, según norma EPA, a realizar sobre las muestras.

Para calcular el costo de los mismos se utilizaran los mismos valores utilizados con anterioridad.

En estos cálculos no se tiene en cuenta el costo de las perforaciones de los pozos freáticos ya que este tipo de trabajo, así como la excavación para retirar los tanques y caños es parte de las obras civiles del cierre y no del estudio ambiental.

Como guía puede tomarse \$ 250 por metro para pozos de toma de muestras y para freáticos \$ 400 por metro

A todos estos valores se le debe agregar el IVA.

5.g) Bibliografía:

NOM 138 (Norma oficial Mexicana). Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial de la Republica de Colombia. Guías ambientales para estaciones de servicio. MAVDS, Bogotá, 2007.

Resolución 35/96: Normas de calidad de aguas y efluentes. Ente provincial de agua y saneamiento (Mendoza).

Disposición 1573/2008: Actualización del anexo 1 y anexo 2 de la resolución 05/2003 de la ex Secretaría de política ambiental. Anexo 1: Matrices, parámetros, métodos y límites de detección. Anexo 2: Metodología para la toma de muestras. OPDS (organismo provincial de desarrollo sostenible-Prov. de Buenos Aires)

CPQ: Consejo Profesional de Química. Aranceles mínimos obligatorios.
www.quimica.org.ar/aranceles.html

CEMA: Camara Empresarial del Medio Ambiente. Nomenclador de aranceles vigentes.

www.camarambiental.org.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=178

Notas sobre la bibliografía:

Tanto las **Guías ambientales para estaciones de servicio** como la **NOM 138 (Norma oficial Mexicana)** dan los límites máximos permitidos de hidrocarburos en suelos y los métodos para determinarlos. Se utilizan métodos EPA y AST E

La **Resolución 35/96 de la provincia de Mendoza** trae los valores máximos permitidos en aguas. Estos valores se pueden tomar como los máximos permitidos en el análisis del agua subterránea.

La **Disposición 1573/2008 del OPDS** en sus anexos tiene un listado de los métodos de análisis y toma de muestra recomendados tanto de suelo como de agua, siendo de interés para este trabajo los métodos de análisis para hidrocarburos, grasas y aceites.

Son normativas aceptadas internacionalmente (EPA y ASTM) y normas IRAM argentinas.

6. MEDIDAS DE CORRECCION DE SUELOS Y AGUAS

6.a) Introducción:

Cuando se empezó a actuar sobre los espacios contaminados a comienzo de los años 1980, el método solía consistir en retirar los residuos y/o suelo contaminado a un vertedero o cubrirlos con una capa impermeable y confinarlo. Más tarde, se planteó la necesidad de desarrollar alternativas para solucionar de forma más permanente y menos costosa el problema de los espacios contaminados.

En consecuencia, el desarrollo y uso de tecnologías más apropiadas para el tratamiento de suelos contaminados ha avanzado mucho y en la actualidad es un tema de gran interés por sus repercusiones económicas y sociales.

Existen numerosas alternativas para corregir la contaminación tanto en suelos como en agua y si bien existen muchas que todavía están en desarrollo otras se han utilizado con éxito durante años.

6.b) Normativa:

Según el Anexo II A punto 6 de la Resolución 404/94 de la Secretaría de Energía de la Nación, las medidas correctivas que se deben aplicar en el caso de perdidas de hidrocarburos en estaciones de servicio pueden ser:

- a) Remoción de la tierra contaminada y reemplazo por suelo nuevo y limpio.
- b) Venteo del suelo afectado con inyección de aire y recuperación de hidrocarburos.
- c) Absorción con carbón activado.
- d) Biorrestauración.
- e) Limpieza del acuífero con recuperación de hidrocarburos.
- f) Algún otro método satisfactorio a criterio de la Autoridad de Aplicación.

La resolución 785/05 de la SE reglamenta los plazos y procedimientos para el cierre de estaciones de servicio, exigiendo una auditoria ambiental luego de la remoción de los tanques de combustible y el sistema de distribución de combustible.

Si en la auditoria se determina contaminación, se debe contratar una empresa remediadora y presentar un plan de remediación. Dicho plan no puede exceder los 180 días de ejecución. Terminada la remediación se procede a una nueva auditoria ambiental para certificar que los valores de los contaminantes están ahora bajo los niveles permitidos por las normas internacionales o normalmente aceptadas, ya que no existe un nivel permitido en la legislación argentina.

En la Ciudad de Buenos Aires si bien no hay una legislación específica para el cierre de estaciones de servicio, la Agencia de Protección Ambiental (APRA) del Gobierno de la Ciudad pide tanto para el monitoreo como para la remediación que se presente un plan concreto para el caso específico de la estación de

servicio a cerrar.
Luego de estudiarlo la APRA los aprueba o sugiere cambios.

Si los estudios realizados revelan la necesidad de tomar acciones correctivas, se realizan ensayos hidráulicos que permitan conocer mejor el subsuelo en general a efectos de seleccionar la mejor tecnología y adecuarla al lugar a remediar.

Los resultados de análisis y las consideraciones para la instalación de un determinado sistema se vuelcan en lo que se conoce como RAP (Remedial Action Plan) y se eleva a la autoridad ambiental competente (APRA) para su aprobación.

No se podrá comenzar efectivamente la remediación hasta tener la aprobación de la propuesta.

6.c) Tratamiento de suelos y aguas contaminadas:

El tratamiento y recuperación de suelos contaminados se puede definir como el conjunto de operaciones realizadas con el objetivo de controlar, disminuir o eliminar los contaminantes presentes.

Los sistemas de tratamiento se pueden dividir en:

- No recuperación**
- Aislamiento de la contaminación**
- Recuperación o remediación**

En el primer caso debe modificarse la asignación del suelo y delimitarse perfectamente el espacio afectado, además de efectuarse monitoreos que aseguren la imposibilidad de afectaciones a terceros.

Este no es realmente un sistema de tratamiento, si no simplemente un procedimiento legal que podrían aplicar las autoridades, no un particular o empresa, para no corregir nada pero si cumplir con la legislación.

El aislamiento consiste en establecer medidas correctas de seguridad que impida la progresión de la contaminación y mitigando los efectos adversos relacionados con la dispersión de sustancias contaminantes. El aislamiento puede utilizarse para evitar la creación de lixiviados o la infiltración en napas freáticas.

Este sistema es el que se utiliza en los vertederos controlados para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU).

Las medidas de recuperación se dividen en tratamiento in situ, que implica la Eliminación de contaminantes sin sacar el terreno y ex situ donde el material a tratar se lleva a un espacio confinado o se trata en instalaciones adecuadas.

La recuperación es el procedimiento adecuado para el tratamiento de suelos y aguas contaminados con hidrocarburos

Los métodos existentes para recuperar los suelos y aguas subterráneas contaminados pueden ser de naturaleza física, química o biológica.

En general, tanto unos como otros pueden aplicarse en el lugar de la contaminación o como tratamiento *ex situ*.

A continuación se incluye una clasificación de las diferentes técnicas empleadas, agrupadas según su naturaleza y la forma habitual de aplicación.

Las técnicas in situ son de menor costo, de bajo impacto ambiental, pero en muchos casos lleva tiempo alcanzar un resultado final satisfactorio.

Las técnicas ex situ se destacan por su efectividad, dado que el suelo contaminado es físicamente eliminado y el suelo nuevo que se incorpora se homogeniza con el anterior no contaminado, pudiendo controlarse mejor el Proceso.

El sistema se opera prescindiendo de los factores externos como el clima.

Estas técnicas tienen el problema del alto costo operativo, ya que al costo del tratamiento hay que sumarle la extracción y traslado del material contaminado y el de reemplazo.

Al realizar el Estudio de Impacto Ambiental y determinar la necesidad de corregir la contaminación del suelo o agua subterránea se debe contratar una empresa que realice estas tareas.

En caso que la remediación sea In-situ el líder del equipo que realiza el Estudio, deberá consensuar con la empresa remediadora habilitada y la Agencia de Protección Ambiental que tipo de tratamiento se realizara.

Una vez realizado el tratamiento se tomaran muestras para asegurar el éxito del mismo, o caso contrario replantearse las medidas o tiempo dedicado a la remediación

Si se decide realizar la corrección Ex-situ y extraer el suelo o agua contaminada y transportarla para su tratamiento en otro sitio, tanto el transporte como el tratamiento en si son responsabilidad de la empresa que realiza la descontaminación, debiendo entregar los certificados correspondiente de retiro y tratamiento realizado

En el caso de la ciudad de Buenos Aires, si no existe contaminación de aguas subterráneas y el volumen de suelo contaminado no es grande en general se opta por un tratamiento Ex-situ ya que los valores de los terrenos son altos y mantenerlos inactivos tiene un costo de oportunidad muy grandes.

6.d) Técnicas para la remediación de suelos y aguas:

En este punto se explican las principales técnicas con sus ventajas y desventajas. Muchas veces se ponen también el nombre de la técnica de remediación en ingles con sus siglas ya que es como se las nombra habitualmente.

6. d.1) Remediación de suelos Ex situ:

6. d.1.1) Extracción y traslado:

Los suelos contaminados se retiran con escavadoras o palas mecánicas y se trasladan para ser tratados.

En general la empresa encargada del tratamiento retira el material pero no realiza la excavación.

Es un método efectivo y rápido teniendo la precaución de colocar el material retirado en contenedores o sobre suelo aislado hasta el momento de ser transportado. También debe cubrirse durante este periodo para evitar que el

viento disperse el suelo contaminado. Esto con el fin de no dispersar la contaminación.

Esta metodología se aplica cuando la cantidad a descontaminar no es grande, mas que nada por costo.

Los tratamientos que se aplican sobre el suelo retirado son varios:

6.d.1.2) Incineración: Se incinera el suelo en hornos especiales donde los gases de descomposición también son quemados liberando al ambiente solo agua y CO₂.

El suelo o ceniza remanente se puede enterrar en el sitio o en un vertedero.

Es un método muy efectivo, pero caro.

6.d.1.3) Laboreo (Land farming): El proceso de landfarming, también conocido como tratamiento en tierra, consiste en la aplicación controlada de residuos sobre el suelo, lográndose una degradación biológica y química de los mismos. El land farming implica el desarrollo de técnicas de laboreo del suelo, por las cuales se logra incorporar oxígeno del aire maximizando la remoción biológica.



También el land farming debe ser considerado como un proceso de disposición final ya que los productos de la degradación se incorporan al suelo y al material vegetal presente en el sitio.

6. d.1.4) Desorción térmica:

El suelo es calentado en un equipo cerrado donde los hidrocarburos y otros contaminantes se desprenden en forma de gases. Los gases se recolectan para liberar a la atmósfera solo aire limpio. Si bien se utiliza calor este proceso es diferente de la incineración ya que los contaminantes no se destruyen, si no que se evaporan.

El suelo tratado puede utilizarse para rellenar nuevamente el sitio de donde se extrajo.

Es un proceso caro y que requiere trabajo previo de acondicionamiento del suelo extraído. No todos los suelos son aptos para este tipo de tratamiento.

6. d.2) Remediación de aguas Ex situ:

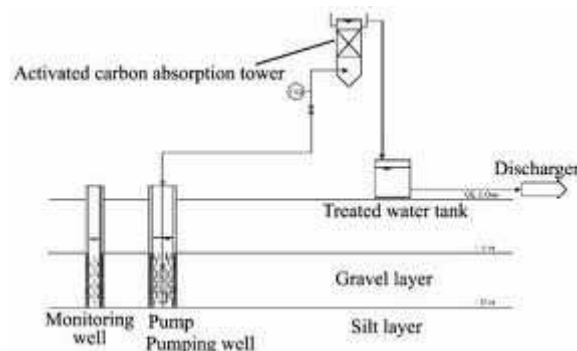
6. d.2.1) Bombeo y tratamiento (Pump & Treat):

Se bombea el agua subterránea contaminada desde uno o más pozos equipados con bombas hacia tanques de almacenamiento y de allí a donde es tratada. El agua limpia puede ser reintroducida a la tierra o descargada a una alcantarilla.

Para que realmente sea efectivo este sistema primero debe retirarse o tratarse el suelo contaminado, que de permanecer sobre la napa puede seguir contaminándola por percolación. Es el método mas común y simple para el tratamiento de aguas subterráneas. Al extraer el agua es un método seguro y efectivo, sobre todo cuando es difícil o imposible realizar tratamientos in-situ

Los métodos de tratamiento habituales con que se tratan las aguas contaminadas bombeadas son:

6. d.2.2) Tratamiento del agua con carbón activado:



6. d.2.3) Extracción con aire: Se bombea aire desde abajo a un recipiente que contiene material de relleno a través del cual se va escurriendo el agua. Los hidrocarburos y otros contaminantes se evaporan y salen por la parte superior para ser tratados en general con carbón activado.

6. d.2.4) Bio-remediación: Se mezcla el agua con nutrientes y aire para ser tratada en bio reactores

6. d.3) Tratamientos In situ:

6. d.3.1) Extracción de vapores del suelo (Soil Vapor Extraction-SVE):

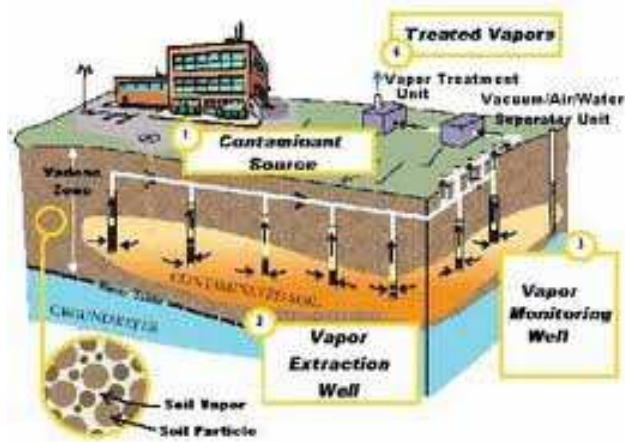
La extracción de vapores del suelo (SVE) elimina sustancias que aparecen en forma de vapores en el suelo por encima del nivel freático.

Esto se logra perforando pozos de extracción y creando vacío a través de ellos para hacer salir los vapores.

Se perforan también pozos de inyección de aire para bombear aire al interior del suelo y ayudar a la evaporación. Se pueden utilizar respiraderos para permitir la entrada del aire en lugar de los pozos de inyección.

Los vapores extraídos a través de los pozos deben recolectarse y tratarse, antes de liberar a la atmósfera el aire extraído

En general los vapores se absorben en carbón activado o se condensan como líquidos. Estos sólidos o líquidos contaminados se retiran, se tratan y se eliminan de manera segura.



Elimina las sustancias hasta la napa freática pero si la contaminación ya llegó a la napa debe combinarse esta metodología con la aireación (Sparging), ya que SVE solo no extrae contaminantes del agua.

Es una técnica útil para VOCs e hidrocarburos livianos como los combustibles, pero no para aceites o hidrocarburos pesados.

En estaciones de servicio es muy utilizada si la contaminación no llegó a la napa ya que es una técnica segura, económica y empleada hace años.

6. d.3.2) Aireación (Sparging):

La aireación (sparging) es una metodología muy parecida a la SVE, pero es más efectiva ya que no solo elimina VOCs e hidrocarburos livianos del suelo, sino que también extrae los mismos de las aguas subterráneas.

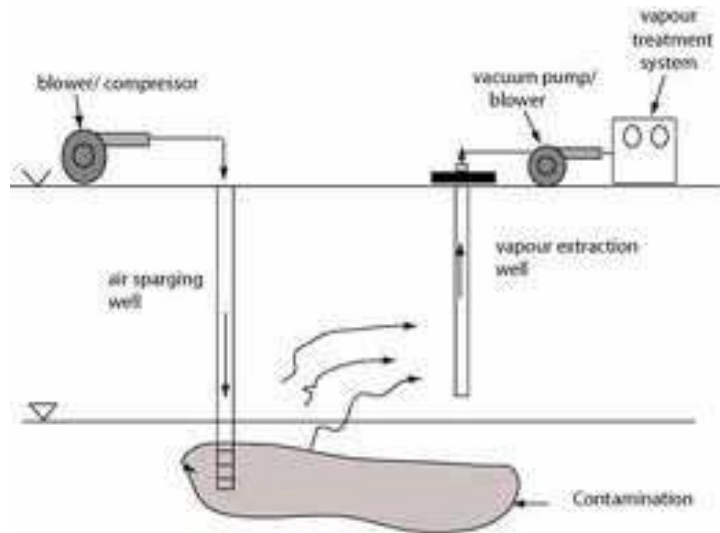
Se realiza bombeando aire a presión a través de conductos que llegan bajo el nivel freático. Al igual que en SVE se extrae el aire por otros conductos que generan vacío. Este aire extraído es tratado para separar los contaminantes y eliminar a la atmósfera aire limpio.

El aire que se emplea tanto en la aireación como en la SVE ayuda al crecimiento de microbios que existen en forma natural en el suelo y consumen los contaminantes como alimentos.

La aireación es muy utilizada para descontaminar suelos y aguas subterráneas de estaciones de servicio, muchas veces en combinación con la SVE.

Tanto para la metodología de sparging como para la SVE se deben realizar estudios previos para determinar el número de pozos y la ubicación de los mismos.

Muchas veces el aire que se inyecta puede ser caliente para facilitar la vaporización de los hidrocarburos.

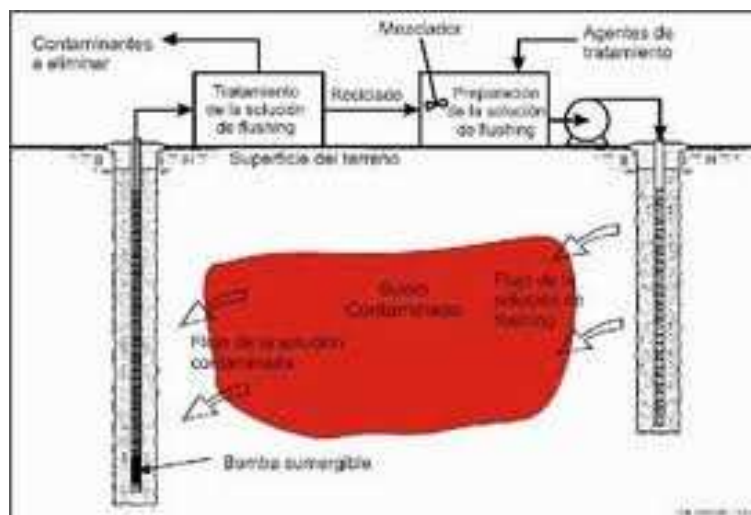


6. d.3.3) Enjuague (flushing) in situ:

Cuando el agua subterránea esta contaminada por hidrocarburos, los mismos no se disuelven en el agua formando un sobrenadante llamado Fase Liquida No Acuosa (FLNA). Cuando se utiliza la técnica de Bombeo y tratamiento esta FLNA al no estar disuelta en el agua no puede ser extraída ya que no se mezcla con el agua.

Por este motivo se utiliza esta tecnología de enjuague o Flushing que consiste en bombear surfactantes y co-solventes como alcoholes hacia la napa freática contaminada.

La FLNA con la ayuda de estos surfactantes y co solventes se emulsiona y mezcla con el agua pudiendo ser extraída para ser tratada.



También puede utilizarse esta metodología como complemento de la aireación (sparging) o SVE.

6. d.3.4) Tratamiento térmico in situ:

Consiste en calentar el suelo y/o las aguas subterráneas mediante diversos métodos para evaporar los contaminantes y empujarlos hacia los pozos de extracción.

Los tratamientos térmicos son especialmente útiles para los LFNA que no son extraíbles por aireación.

Por este motivo el tratamiento térmico es útil como complemento de los métodos de bombeo y tratamiento para aguas subterráneas.

También se utilizan los métodos de tratamiento térmico como complemento de la aireación (sparging) y la SVE.

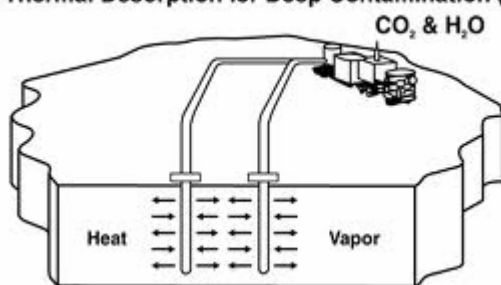
Una vez extraídos los vapores y contaminantes, los mismos deben ser tratados por alguno de los métodos ya descritos.

Los tratamientos térmicos reducen los tiempos de descontaminación.

Hay diferentes métodos de tratamientos térmicos. Los más importantes son: Inyección de vapor, inyección de aire caliente, inyección de agua caliente, calentamiento por resistencia eléctrica o conducción térmica.

En estos dos últimos casos los pozos deben ser de acero y se los utiliza para transmitir electricidad o calor respectivamente.

In Situ Thermal Desorption for Deep Contamination (>18")



6. d.3.5) Bioremediación:

Tanto en el suelo como en agua existen micro organismos que se alimentan con los contaminantes destruyéndolos.

La bio remediación consiste en mejorar las condiciones para que estos micro organismos se reproduzcan y aumenten su actividad.

Esto se logra bombeando aire, manteniendo una temperatura adecuada y aportando nutrientes.

Es un método económico y que no tiene riesgos ya que no se manipulan sustancias o equipos peligrosos.

Existen numerosos trabajos de investigación y metodologías desarrolladas para tratar contaminación por hidrocarburos por bio remediación

El inconveniente que tiene es el tiempo que lleva el proceso.

Si bien es útil para hidrocarburos, se utiliza más en el abandono de campos petroleros que de estaciones de servicio donde el terreno es de menos superficie y más valor económico.

Puede realizarse In situ o Ex situ, extrayendo la tierra o el agua contaminada y tratándola en bio reactores, con lo que se soluciona el problema del tiempo prolongado

El land farming es una forma natural de bio remediación.

6.e) Procedimientos de corrección ofrecidos por las empresas de tratamiento y remediación existentes en la zona:

Existen en la ciudad de Buenos Aires y alrededores más de 25 empresas registradas para el tratamiento de sitios y aguas subterráneas contaminadas con hidrocarburos, cubriendo todos los métodos citados por la bibliografía.

Algunas solo se dedican a aplicar alguna de las metodologías explicadas, pero la gran mayoría son empresas grandes que ofrecen un abanico de alternativas y trabajan, en caso de ser necesario con varias tecnologías combinadas.

6.f) Selección de la metodología a aplicar:

Si bien el abanico de metodologías disponibles para corregir suelos y aguas contaminados por hidrocarburos es muy amplio, dado el volumen de material a tratar y la pérdida económica que significa mantener un predio clausurado en la ciudad de Buenos Aires la conclusión es que lo ideal es elegir un método o batería de métodos que corrijan la contaminación en poco tiempo.

En general según las recomendaciones de expertos locales que ya han realizado este tipo de estudio, si la contaminación no esta muy extendida, no es profunda y no llega a contaminar las napas, lo mas recomendable es la extracción del material contaminado y su envío para tratamiento.

Si la contaminación esta extendida en profundidad, pero no llega a las napas lo mas simple y económico es SVE, según el caso convidado con aireación o tratamiento térmico con vapor y enjuague para lograr resultados mas rápidos y efectivos.

Cuando ya las napas están contaminadas se recomienda la aireación con tratamiento térmico con vapor y enjuague.

En general es recomendable el agregado de surfactantes (enjuague) para asegurar una mayor y más rápida descontaminación.

Igualmente esta conclusión es a grandes rasgos, ya que la estrategia de corrección de suelos y aguas recién se planifica luego de los resultados del muestreo.

Para planificar la estrategia de corrección de suelos lo ideal es consultar y acordar con las empresas que la van a realizar.

Este plan de corrección se presenta a la Agencia de Protección Ambiental, órgano que la acepta o propone correcciones.

Recién al haber acuerdo entre la APRA, el líder del equipo que realiza el Estudio Ambiental, la empresa que realizara la remediación y el propietario, se comienza el trabajo.

6.g) Bibliografía:

EPA. Guías del ciudadano de métodos de saneamiento de sitios contaminados.
<http://clu.in.org/products/citguide/#espanol>

Resolución 404/94 de la Secretaria de Energía (Anexo IIA): Normas técnicas para control de pérdidas y contaminación en sistemas de almacenamiento subterráneo de hidrocarburos (SASH) y derivados en bocas de expendio de combustibles líquidos

Resolución 785/05 de la Secretaría de Energía (Anexo I): Reglamento del programa nacional de control de pérdidas de tanques aéreos de almacenamiento de hidrocarburos y sus derivados.

7. PRESUPUESTO

7.a) Cálculo.

Los honorarios profesionales se tomaran de los Aranceles mínimos obligatorios del Concejo Profesional de Químicos.

Para la elaboración del informe tecnico del Estudio de Impacto actualmente el CPQ estima un valor de \$ 8500 + IVA

Estos aranceles se actualizan anualmente por lo que conviene consultarlos al momento de presupuestar los trabajos.

El cliente, además del costo del profesional que llevara adelante el estudio debe tener en cuenta los costos de muestreo y análisis y de la remediación, pero estos valores se irán definiendo al ir avanzando el estudio ya que recién al tener los primeros análisis se sabrá si es necesario ampliar el muestreo, realizar una remediación, etc.

En caso que las muestras sean tomadas por el profesional actuante se toman los honorarios por hora de trabajo de los Aranceles mínimos obligatorios del CPQ.

Se puede considerar un mínimo de 4 hs. para el muestreo de 3 freaímetros y 3 muestras de suelo y sumar 1 h adicional cada 2 muestras adicionales que sea necesario agregar.

El método para presupuestar los análisis y el muestreo están descriptos en el capitulo 5 y se utiliza el nomenclador de la CEMA (ver bibliografía)

7.b) Bibliografía:

CPQ: Consejo Profesional de Quimica. Aranceles mínimos obligatorios.

www.quimica.org.ar/aranceles.html

CEMA: Cámara Empresarial del Medio Ambiente. Nomenclador de aranceles vigentes.

www.camarambiental.org.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=178

8. BIBLIOGRAFIA

8.a) Bibliografía General sobre estudios de impacto ambiental, residuos industriales y tratamiento de los mismos:

Rodríguez Jiménez y Irabien Gulias. Los residuos peligrosos: Caracterización, tratamiento y gestión. Editorial Síntesis, Madrid, 1999.

Fundación Mafre. Manual de contaminación ambiental. Fundación Mafre, Madrid, 1994.

8.b) Bibliografía específica sobre análisis de suelo y agua: Metodologías y técnicas de toma de muestras y análisis:

Ihobe. Investigación de la contaminación del suelo: Guía metodológica de análisis químico.. Ihobe, País Vasco, sin fecha.

Ihobe. Investigación de la contaminación del suelo: Manual práctico. Ihobe, País Vasco, sin fecha.

Linares, Avelizapa y otros. Manual de técnicas de análisis de suelos aplicadas a la remediación de sitios contaminados. Instituto Mexicano del Petróleo, México-DF, 2006.

8.c) Bibliografía sobre contaminación por hidrocarburos y métodos de corrección, remediación y bio remediación:

Margesin y Shinner. Manual for soils analysis, monitoring and assessing soil bio remediation. Springer, Berlín 2005

O.Pucci y N. Pucci. Biodegradación de residuos de estaciones de servicio y lavaderos industriales por la cepa OHP-AL-GP. CEIMA, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, sin fecha

Moreno, Becerra y Blanco Santos. Tratamiento biológico de suelos contaminados: Contaminación por hidrocarburos. Revista Iberoamericana de micología N° 21 (pag. 103 a 120), 2004.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial de la Republica de Colombia. Guías ambientales para estaciones de servicio. MAVDS, Bogota, 2007.

NOM 138 (Norma oficial Mexicana). Límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.

EPA. Guías del ciudadano de métodos de saneamiento de sitios contaminados. <http://clu.in.org/products/citguide/#espanol>

8.d) Bibliografía para el cálculo de costos:

Krajeuski y Ritzman. Administración de operaciones: Estrategia y análisis. Ediciones Pearson, Mejico DF, 2000

8.e) Aranceles profesionales y de análisis:

CPQ: Consejo Profesional de Quimica. Aranceles mínimos obligatorios.
www.quimica.org.ar/aranceles.html

CEMA: Camara Empresarial del Medio Ambiente. Nomenclador de aranceles vigentes.
www.camarambiental.org.ar/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=178