



Fachhochschule Köln
Cologne University of Applied Sciences



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTADES DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA
PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS AMBIENTALES

AND

COLOGNE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
INSTITUTE FOR TECHNOLOGY AND RESOURCES MANAGEMENT IN THE TROPICS AND SUBTROPICS

**EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES GASEOSAS DE LA TÉCNICA DE REMEDIACIÓN
BIOSLURPING EN ESTACIONES DE SERVICIO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES**

THESIS TO OBTAIN THE DEGREE OF

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

DEGREE AWARDED BY

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

AND

MASTER OF SCIENCE

“TECHNOLOGY AND RESOURCES MANAGEMENT IN THE TROPICS AND SUBTROPICS

FOCUS AREA “ENVIRONMENTAL AND RESOURCES MANAGEMENT”

DEGREE AWARDED BY COLOGNE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

PRESENTS:

MARIA LAURA SCIAN

CO-DIRECTOR OF THESIS PMPCA

DRA. ELSA CERVANTES GONZÁLEZ

CO-DIRECTOR OF THESIS ITT:

DR. JACKSON ROEHRIG

ASSESSOR:

DR. ALBERTO NESTOR SCIAN

SAN LUIS POTOSÍ, 15th JULY 2011

PROYECTO FINANCIADO POR:

DAAD Y CONACYT

PROYECTO REALIZADO EN:

BUENOS AIRES, MÉXICO Y ALEMANIA

AGENDA AMBIENTAL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

INSTITUTE FOR TECHNOLOGY AND RESOURCES MANAGEMENT IN THE TROPICS AND SUBTROPICS

COLOGNE UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

CON EL APOYO DE:

DEUTSCHER AKADEMISCHER AUSTAUSCH DIENST (DAAD)

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA (CONACYT)

**LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO A TRAVÉS DEL PROGRAMA NACIONAL
DE POSGRADOS (PNPC - CONACYT)**

Erklärung / Declaración

Name / Nombre: **Maria Laura Scian**

Matri.-Nr. / N° de matricula: **11074561 (CUAS), 180205 (UASLP)**

Ich versichere wahrheitsgemäß, dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten und nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, sind als solche kenntlich gemacht.


Aseguro que yo redacté la presente tesis de maestría independientemente y no use referencias ni medios auxiliares a parte de los indicados. Todas las partes, que están referidas a escritos o a textos publicados o no publicados son reconocidas como tales.

Die Arbeit ist in gleicher oder ähnlicher Form noch nicht als Prüfungsarbeit eingereicht worden.

Hasta la fecha, un trabajo como éste o similar no ha sido entregado como trabajo de tesis.

San Luis Potosí, den /el 15 de Julio de 2011

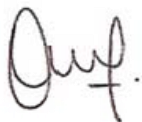
Unterschrift / Firma:



Ich erkläre mich mit einer späteren Veröffentlichung meiner Masterarbeit sowohl auszugsweise, als auch Gesamtwerk in der Institutsreihe oder zu Darstellungszwecken im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Institutes einverstanden.

Estoy de acuerdo con una publicación posterior de mi tesis de maestría en forma completa o parcial por las instituciones con la intención de exponerlos en el contexto del trabajo investigación de las mismas.

Unterschrift / Firma:



AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no hubiera sido posible sin el apoyo de numerosas personas que han colaborado de muchas formas.

Primero, debo reconocer especialmente a CONACyT, DAAD, Universidad Autónoma de San Luis Potosí y Fachhochschule Köln, por otorgarme una beca y darme la oportunidad de enriquecerme académicamente en el exterior.

Asimismo, quisiera agradecer a mis tutores Dra. Elsa Cervantes González, Dr. Jackson Roehrig y Dr. Alberto Scian por su asistencia y supervisión continua a lo largo de estos dos años.

Estoy muy agradecida con la consultora ambiental DISAB SUDAMERICANA S.A. en especial con José Stoiser y Omar González que han confiado en mí y me han brindado la oportunidad de hacer mi trabajo experimental de tesis junto a ellos.

Gracias a mis compañeros de maestría y a toda la gente que he conocido en estos años por oficiar de sostén tanto académico como personal.

Por último, mis más sinceras gratitudes a mi familia, por su apoyo, perseverancia y confianza.

EVALUACIÓN DE LAS EMISIONES GASEOSAS DE LA TÉCNICA DE REMEDIACIÓN “BIOSLURPING” EN ESTACIONES DE SERVICIO DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES

CONTENIDOS

	Página
Agradecimientos.....	5
Indice de figuras	8
Indice de tablas.....	9
Resumen	10
Abstract	11
Zusammenfassung.....	12
Abreviaturas	13
1. Introducción	14
1.1 Análisis de Impactos relacionados a la Remediación de Sitios Contaminados	15
1.2 Detalles de la Técnica Bioslurping	17
1.3 Aplicabilidad de la técnica	23
1.3.1 Ventajas y desventajas del uso de la técnica bioslurping.....	25
1.4 Datos Estadísticos de la Ciudad	26
1.5 Marco Normativo.....	27
1.6 Atmósfera Explosiva	28
1.7 Antecedentes.....	28
2. Objetivos	31
2.1 Objetivo General.....	31
2.2 Objetivos Particulares.....	31
3. Justificación.....	32
4. Metodología.....	34
4.1 Descripción del Sitio	34

4.1.1	Entorno.....	35
4.1.2	Descripción ambiental del sitio afectado.....	36
4.1.3	Descripción del equipo de remediación	39
4.2	Visita Preliminar.....	43
4.3	Medición de Gases Combustibles.....	45
4.4	Medición de Caudal	45
4.5	Toma de Muestras	46
5.	Resultados y Discusión.....	50
5.1	Visita Preliminar al Sitio	50
5.2	Caudal	51
5.3	Límite Inferior de Explosividad	52
5.4	Concentraciones de BTEX	52
6.	Recomendaciones	57
7.	Conclusiones	59
8.	Bibliografía	61
	ANEXOS.....	64
	ANEXO I: Pedido de Información Ambiental	65
	ANEXO II: Ficha Técnica del Carbón Activado.....	69
	ANEXO III: Protocolos de los resultados analíticos.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo DPSIR para evaluar los problemas asociados a derrames de combustible en estaciones de servicio.	16
Figura 2: Sistema típico de Extracción en Fase Doble con bomba simple (USEPA, 2004)	18
Figura 3: Pozo de extracción con bomba simple (USEPA, 2004).....	19
Figura 4: Esquema de un tanque de flasheo (Place <i>et al.</i> , 2003).....	21
Figura 5: Ubicación geográfica de la Ciudad de Buenos Aires (Google Earth).....	26
Figura 6: Ubicación del sitio a evaluar (Imagen extraída de Google Earth 2011).....	34
Figura 7: Descripción del entorno del área de estudio	35
Figura 8: Curvas de isoespesores aparentes del sitio de estudio (Noviembre, 2006).	37
Figura 9: Diagrama de los pozos de monitoreo, pozos de producción y trincheras dentro del terreno a remediar.	39
Figura 10: Diagrama de pozo de bioslurping.....	40
Figura 11: Diagrama del equipo de bioslurping del sitio de estudio.....	41
Figura 12: Sistema de remediación	42
Figura 13: Recinto donde se alojan los equipos de remediación.....	44
Figura 14: Medidor de Explosividad Modelo EX N° de Serie EX1130 marca ingas.	45
Figura 15: Medición de velocidad y Caudalímetro TESTO 510.	46
Figura 16: Port toma muestras, a la entrada y salida del filtro.....	46
Figura 17: Toma de muestra e inyección en la bolsa Tedlar.....	47
Figura 18: Conservación de las muestras refrigeradas para su transporte al laboratorio.	48

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Aplicabilidad del Bioslurping (USEPA, 1999)	24
Tabla 2: Estándares de emisiones gaseosas para compuestos orgánicos volátiles. Decreto 831/93, Tabla 11.....	27
Tabla 3: Caracterización cromatográfica de FLNA (Noviembre 2006).....	38
Tabla 4: Lista de comprobación para la visita preliminar	43
Tabla 5: Condiciones del tiempo 19/04/11.....	48
Tabla 6: Condiciones del tiempo 30/04/11.....	49
Tabla 7: Límite de Cuantificación de BTEX para Cromatógrafo GC/MS AT7890 A/AT5975CMSD.....	49
Tabla 8: Planilla de comprobación de la visita preliminar al sitio el 01/04/11.....	50
Tabla 9: Caudal de gases en cañería de entrada al filtro de carbón.....	51
Tabla 10: Caudal de gases en cañería de salida del filtro de carbón.....	51
Tabla 11: Resultados analíticos muestreo 19 de abril de 2011.....	52
Tabla 12: Resultados analíticos muestreo 30 de abril de 2011.....	53
Tabla 13: Estándares de emisión escogidos para la comparación de resultados.....	54
Tabla 14: Parámetros de gases en la entrada al filtro de carbón para su comparación con la normativa. Muestreo 19/04/11.....	55
Tabla 15: Parámetros de gases de entrada al filtro de carbón para su comparación con la normativa. Muestreo 30/04/11.....	55

RESUMEN

La contaminación accidental de suelo y agua más frecuente en estaciones de servicio proviene de pérdidas en los tanques de almacenamiento subterráneo de hidrocarburos.

En la Ciudad de Buenos Aires, capital de la Argentina, hay 372 estaciones de servicio en actividad, 140 inactivas y 66 en remediación. Sólo el 17% posee un Certificado de Aptitud Ambiental. Buenos Aires es una ciudad muy poblada donde los habitantes pueden estar expuestos a emisiones provenientes de sitios en remediación. El sitio de estudio es una estación de servicio inactiva localizada en el Barrio de San Telmo.

Bioslurping es una técnica de remediación efectiva para la remoción de fase libre ligera sobre la napa freática. Este sistema combina tres técnicas: el bioventeo que estimula la biorremediación aeróbica, la aplicación de vacío que favorece la recuperación de fase libre no acuosa y la extracción de vapores del suelo.

Este estudio tiene como objetivo evaluar e identificar las emisiones gaseosas a la atmósfera que ocurren durante la remediación de suelo y agua subterránea con bioslurping, que puedan exceder los límites establecidos en la legislación nacional e internacional o puedan causar un riesgo de explosión. La hipótesis es que la técnica bioslurping puede producir la transferencia cruzada de contaminantes a otros medios.

Se extrajeron muestras de los gases previo a la entrada al filtro de carbón activado y en la chimenea de venteo. Las muestras fueron enviadas a laboratorio para su análisis según el Método USEPA - 8260B VOC GC/MS-. Los resultados se compararon con estándares de emisión argentinos y alemanes.

Palabras Clave: Bioslurping, emisiones gaseosas, BTEX, carbón activado, estaciones de servicio, remediación.

ABSTRACT

The most frequent accidental contamination of soil and water in gas stations comes from leakages in underground storage tanks.

In the City of Buenos Aires, capital of Argentina, there are 372 active petrol stations, 140 inactive and 66 under remediation. Only the 17% of them have an Environmental Aptitude Certificate. Buenos Aires is a crowded city where people are likely exposed to emissions coming from places where they are conducting remediation tasks. The investigation site is an inactive service station, located in San Telmo neighborhood.

Bioslurping is an effective remediation technique for removing free product floating on the water table. Bioslurping combines three techniques: bioventing that stimulates the aerobic bioremediation of contaminated soils, the application of vacuum that enhances the recovery of light non-aqueous phase liquids and soil vapor extraction.

This study aims to make the assessment and identification of emissions to the environment that occur in the remediation of soil contaminated with hydrocarbons by bioslurping that could exceed national and international standard limits or involve risk of explosion. So, the hypothesis is that the Bioslurping technique could produce the cross transfer of pollutants to other media.

The samples were taken from the soil extracted vapors before they enter in the activated carbon vessel and from the treated effluent in the stack. The samples were sent to the laboratory to be analyzed following the USEPA Method - 8260B VOC GC/MS-. The results were compared with the Argentinean and German Emission Standards.

Key Words: bioslurping, emissions, BTEX, activated carbon, petrol stations, remediation.

ZUSAMMENFASSUNG

Die häufigste Ursache von Boden- und Wasserverschmutzung in Tankstellen sind undichte Stellen in unterirdischen Tankanlagen.

In Buenos Aires, der Hauptstadt von Argentinien, gibt es 372 Tankstellen in Betrieb, 140 außer Betrieb und 66 zu sanierende Tankstellen. Nur 17% von ihnen haben ein Umweltmanagementsystem mit Eignungsnachweis. Buenos Aires ist eine dicht besiedelte Stadt, in der die Menschen unmittelbar den Emissionen aus unbekanntem Quellen ausgesetzt sind. Das Untersuchungsgebiet dieser Arbeit ist eine außer Betrieb genommene Tankstelle im Stadtviertel San Telmo.

Bioslurping ist ein effektives Sanierungsverfahren zur Entfernung frei schwimmender Teilchen aus der Wasseroberfläche. Bioslurping vereint drei Techniken: Bioventing, welches die aerobe biologische Sanierung kontaminierter Böden stimuliert, die Vakuumanwendung, welche die Aufnahme von nicht-wässrigen Flüssigkeiten verbessert und die Bodenentlüftung.

Ziel dieser Studie ist die Beurteilung und Ermittlung von Umweltemissionen, die bei der Sanierung von mit Kohlenwasserstoff kontaminierten Böden auftreten können. Neben der Überschreitung national und international geltender Emissionsgrenzwerte wird hier auch die Explosionsgefahr des Sanierungsverfahrens untersucht. Die Hypothese ist, dass die Bioslurping-Technik einen Quertransfer von Schadstoffen in andere Medien hinein verursachen kann.

Die Gasproben wurden vor und nach dem Aktivkohlefilter genommen und im Labor nach der USEPA-Methode 8260B VOC GC/MS behandelt und analysiert. Die Ergebnisse wurden mit den argentinischen und deutschen Normen verglichen.

Schlüsselwörter: Bioslurping, Emissionen, BTEX, Aktivkohle, Tankstellen, Sanierung, Altlasten.

ABREVIATURAS

AySA: Agua y Saneamientos Argentinos S.A.

BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos.

CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

COV: Compuestos Orgánicos Volátiles.

DGET: Dirección General de Evaluación Técnica.

DPE: Dual Phase Extraction, Extracción en Fase Doble.

FLNA: Fase Líquida No Acuosa.

GAC: Granular Activated Carbon, Carbón Granular Activado.

HTP: Hidrocarburos Totales de Petróleo.

K: Conductividad hidráulica.

LEL: Lower Explosive Limit, Límite Inferior de Explosividad.

LRP: Liquid Ring Pump, Bomba de Anillo Líquido.

PVC: Cloruro de Polivinilo.

SASH: Sistema de Almacenamiento Subterráneo de Hidrocarburos.

SVE: Soil Vapor Extraction, Extracción de Vapores del Suelo.

USEPA: United States Environmental Protection Agency.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación accidental más frecuente de suelos y agua dada en estaciones de servicio proviene de pérdidas en las instalaciones de tanques subterráneos de almacenamiento de hidrocarburos (Coria, 2007). Los impactos asociados con las estaciones de servicio incluyen la exposición potencial a los productos liberados al ambiente así como los impactos causados por los trabajos de caracterización o remediación de los sitios (Foster, 2008).

Existen varias técnicas en uso para la remediación de estos sitios, que dependen sobre todo del contaminante involucrado, la matriz donde se encuentra localizado, los microorganismos degradadores presentes y las condiciones del lugar. De tal manera que en la selección de la tecnología para un sitio específico, es prudente considerar contaminantes y co-contaminantes, receptores y rutas de exposición, entre otros (USEPA, 2006a).

La técnica de bioslurping (también denominada Extracción en Fase Doble [DPE, Dual Phase Extraction]) es un tratamiento *in situ* efectivo para la remoción de producto libre que esté flotando en agua subterránea (USEPA, 2006a). Ésta combina la recuperación de fase líquida no acuosa ligera (FLNA) por vacío, con el bioventeo y la extracción de vapores del suelo (SVE, Soil Vapor Extraction) para recuperar simultáneamente FLNA del freático y acentuar la biorremediación de la zona no saturada promoviendo el influjo de aire (Place *et al.*, 2003).

El tratamiento de los gases emitidos durante una remediación es muy importante. En muchos casos, los compuestos orgánicos volátiles emitidos son peligrosos por su toxicidad o inflamabilidad. El objetivo de los sistemas de tratamiento de gases es mejorar la calidad de las emisiones a la atmósfera, generando el mínimo impacto sobre la salud de la población y el medio ambiente (USEPA, 2006b).

Partiendo de la premisa de que llevar a cabo trabajos de remediación puede causar impacto ambiental (Foster, 2008), el presente estudio tiene como objetivo realizar la evaluación e identificación de las emisiones al ambiente que se producen en la remediación de suelos contaminados con hidrocarburos mediante bioslurping, y determinar si se superan o no los límites de emisión de la normativa vigente, o si estas emisiones involucran riesgo de explosividad.

El sitio elegido para el presente estudio fue la Ciudad de Buenos Aires, capital de la República Argentina, donde actualmente se está empleando la técnica de bioslurping para la remediación de suelos en estaciones de servicio. Además, por ser una ciudad muy poblada, es factible que haya gente expuesta a las emisiones que provengan de sitios donde se estén efectuando tareas de remediación.

En la ciudad residen más de tres millones de habitantes y su densidad de población es de más de 15,000 habitantes/km² (www.buenosaires.gob.ar). Existían en el año 2009, 372 estaciones de servicio en actividad y 140 inactivas (Diario iProfesional, 15/3/09), de las cuales según Informe N° 4887-DGET-2010 había 66 que estaban en proceso de remediación.

En materia legal, la Resolución N° 873 – A. A. Ley N° 123- SSMAMB-04 reglamentaria de la Ley N° 123 de Evaluación de Impacto Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires, establece que las estaciones de servicio deberán presentar un estudio de sitio y en caso de identificación o presunción de pérdidas se debe presentar un Plan de Remediación como se establece en los Anexos VI y VII, respectivamente.

1.1 ANÁLISIS DE IMPACTOS RELACIONADOS A LA REMEDIACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS

Para comprender brevemente la cadena de problemas ambientales e impactos generados por derrames de hidrocarburos en estaciones de servicio se muestra en la Figura 1 el modelo Fuerza Motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (mejor conocido por sus siglas en inglés DPSIR: Driving Force-Pressure-State-Impact-Response). En la Figura 1 se presentan de forma gráfica y sencilla las interrelaciones que existen entre las tendencias sectoriales que son responsables de las presiones que a su vez alteran el estado del ambiente. Asimismo, plantea respuestas que intentan revertir los impactos. Entre estas respuestas se encuentra la remediación de los sitios contaminados.

Una de las técnicas empleadas actualmente para la limpieza de estaciones de servicio que han sufrido derrames de hidrocarburos es bioslurping. Este proyecto pretende evaluar si esta técnica podría generar la transferencia cruzada de contaminantes desde la matriz suelo/agua hacia la atmósfera.

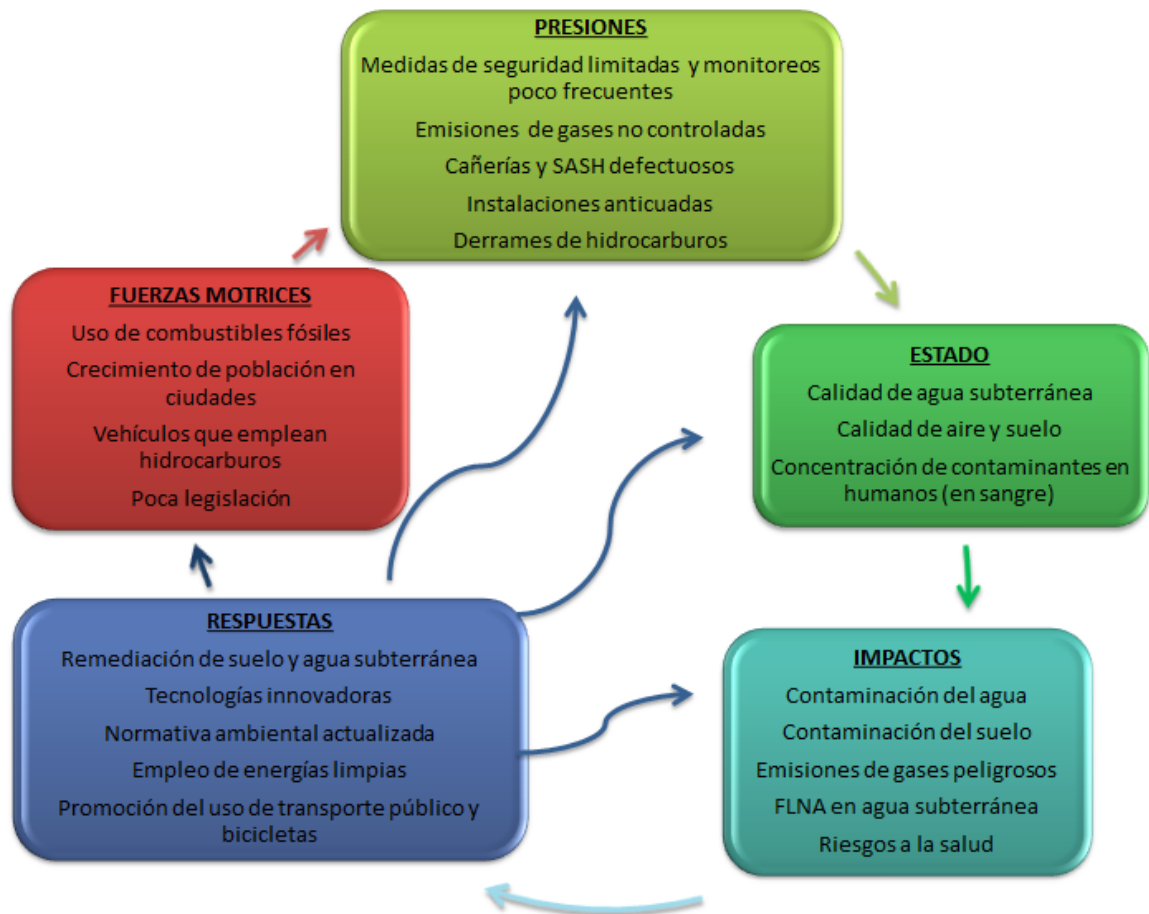


Figura 1: Modelo DPSIR para evaluar los problemas asociados a derrames de combustible en estaciones de servicio.

Estado: son indicadores que describen la situación de diversos aspectos del medio ambiente en un momento determinado. Para este caso, se deben considerar cuáles son las condiciones naturales del lugar que está siendo impactado, generalmente teniendo en cuenta las características de los alrededores. Por ejemplo: calidad de agua subterránea, presencia de microbiota en el medio, propiedades y características del suelo y la salud de la población.

Presión: es un indicador que describe las variables que causan directamente problemas ambientales. Con respecto a los derrames de hidrocarburos en estaciones de servicio, las presiones serían la antigüedad de las instalaciones, que usualmente poseen tanques y cañerías defectuosas y que se aplican mínimas medidas de monitoreo tendientes a minimizar las pérdidas.

Fuerzas Motrices: son los factores determinantes que describen las condiciones ambientales, sociales, demográficas y económicas que influyen significativamente las presiones sobre el medio ambiente. En este caso se pueden identificar: el uso de

combustibles fósiles, la elevada densidad de población en las ciudades, vehículos que emplean únicamente sub productos de hidrocarburos y el hecho que en Argentina hay poca legislación referente a energías limpias, procedimientos de seguridad en estaciones de servicio y procesos de remediación.

Impactos: muestran las consecuencias de los cambios en el estado del medio ambiente o en la población. Para este proyecto los impactos serían la contaminación de agua subterránea y suelos y los riesgos a la salud asociados.

Respuestas: demuestran los esfuerzos de la sociedad para resolver los problemas o las medidas correctivas que se pueden llevar a cabo para disminuir o eliminar impactos. En relación a la contaminación por el derrame de hidrocarburos, las reacciones pueden ser: la remediación de los sitios, la implementación de nuevas medidas preventivas, la promulgación de legislación ambiental actualizada, la transición al uso de energías renovables y la promoción del uso de medios de transporte público o bicicletas.

1.2 DETALLES DE LA TÉCNICA BIOSLURPING

La técnica bioslurping combina la recuperación de FLNA por vacío, con el bioventeo y la extracción de vapores del suelo (SVE) para recuperar simultáneamente FLNA del freático y acentuar la biorremediación de la zona no saturada promoviendo el influjo de aire (Place *et al.* 2003). El sistema es aplicado para minimizar la bajada del nivel freático y, por lo tanto, reducir el problema de entrapamiento de producto libre en el suelo. El bioventeo de la zona vadosa se logra extrayendo gas del suelo del pozo de recupero (Hoeppel *et al.*, 1998).

Se puede dividir la tecnología de DPE en dos categorías generales, sobre la base del criterio de: a) si se extrae el/los líquido/s del subsuelo y vapor en suelo en forma conjunta como una corriente de alta velocidad en fase doble (líquido y vapor) por medio de una bomba simple, o b) bien si se extrae el/los líquido/s del subsuelo y vapor en suelo en forma separada con el empleo de dos o más bombas (USEPA, 2004).

Los sistemas convencionales con bomba simple trabajan con un flujo de aire de alta velocidad para elevar gotas de líquido que se encuentran suspendidas hasta un conducto de extracción que conduce a la superficie (USEPA, 2004).

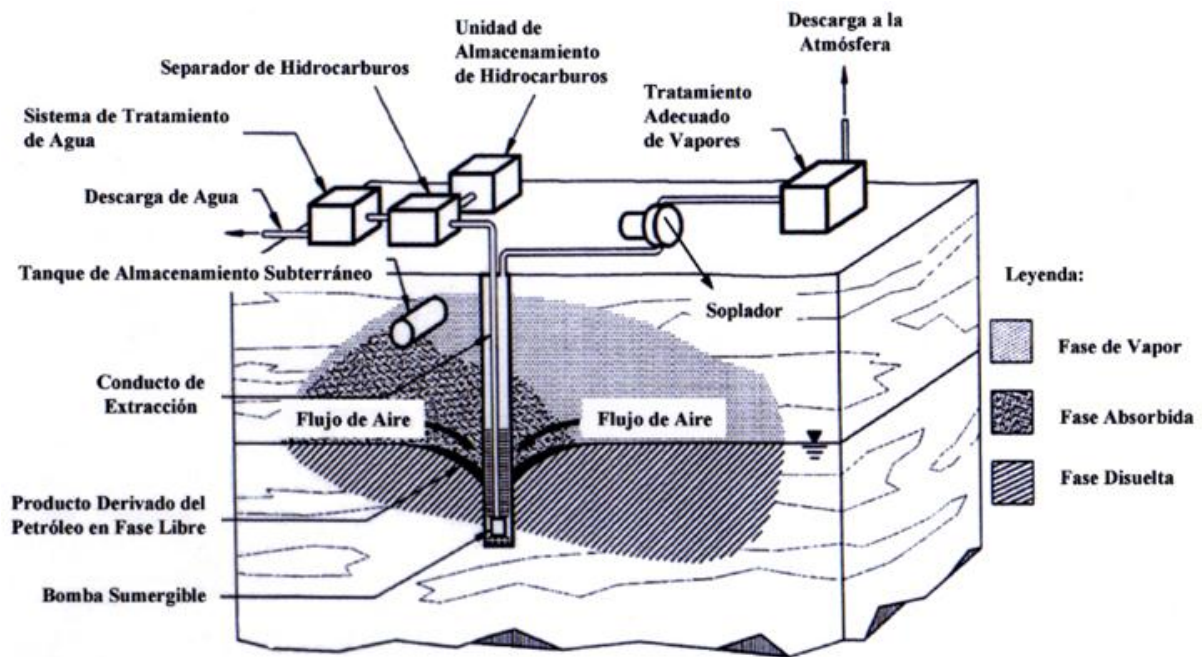


Figura 2: Sistema típico de Extracción en Fase Doble con bomba simple (USEPA, 2004)

Los componentes del sistema bioslurping son: pozos de extracción, bombas de vacío, cañerías de distribución, tanque de flasheo, separador de agua y FLNA, filtros de carbón activado, bombas centrífugas para conducir el agua del tanque de flasheo al separador primario, tambores para el acopio de FLNA, compresores de aire y accesorios, tal como se observa en la Figura 2.

Pozos de Extracción

Los pozos de extracción se construyen con tuberías y tamices de cloruro de polivinilo (PVC). El diámetro de los pozos de extracción por lo general varía de 5.08 a 20.32 cm (2 a 8 in), según las tasas de flujo y la profundidad; el diámetro de 10.16 cm (4 in) es el más común; usualmente se prefiere este último diámetro porque puede tener tasas de flujo de extracción más altas y generar una pérdida menor por fricción de presión al vacío. En la Figura 3 se presenta un pozo vertical convencional de extracción, que es empleado en los sitios que se encuentran en remediación en la Ciudad de Buenos Aires.

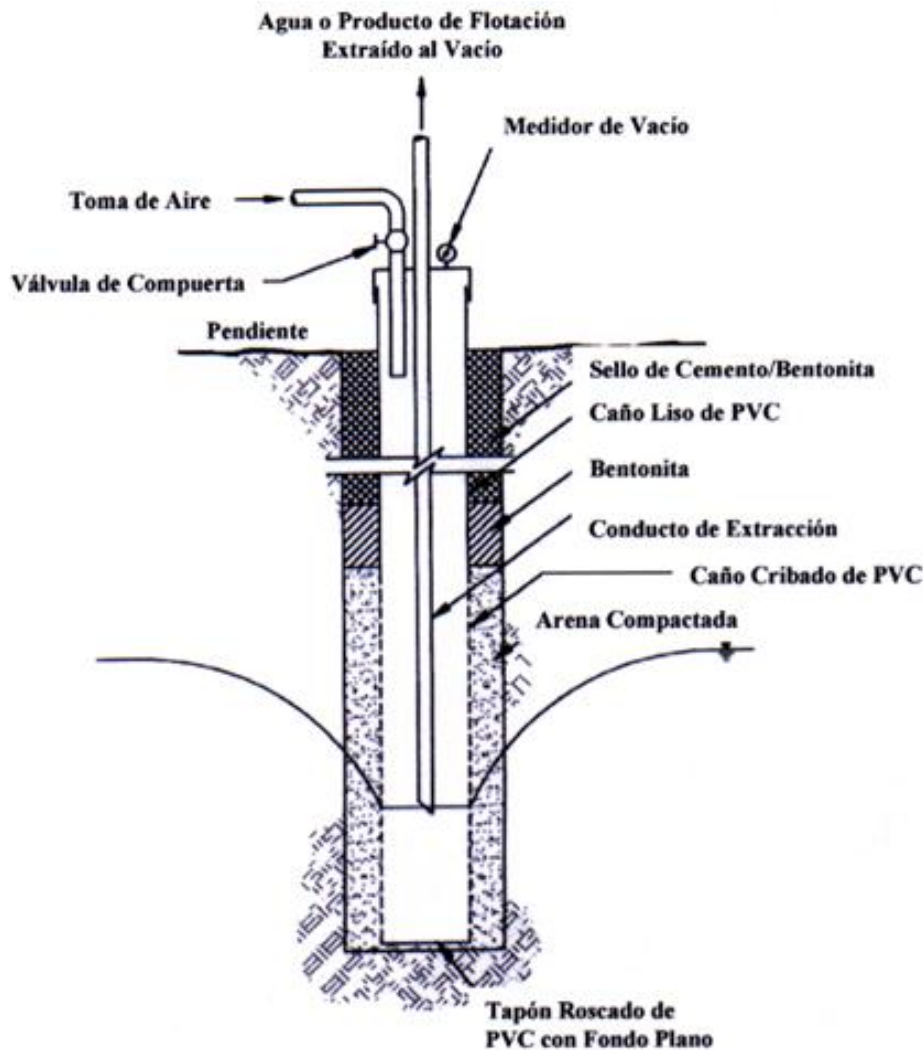


Figura 3: Pozo de extracción con bomba simple (USEPA, 2004)

Los pozos verticales de extracción son construidos al colocar la tubería y el tamiz en el centro de una perforación. El material compactado de filtro se coloca en el espacio anular entre la tubería/tamiz y las paredes de la perforación. El material compactado se extiende 30.5 a 61 cm (1 a 2 in) por sobre el tamiz del pozo y luego se coloca un sello de bentonita de 30.5 a 61 cm (1 a 2 in) de espesor. El relleno de cemento-bentonita sella el espacio restante hasta la superficie. El material compactado de filtro y el tamaño de la ranura del tamiz deben ser consistentes con el tamaño del grano de los suelos circundantes (USEPA, 2004).

La ubicación y longitud del tamiz en pozos verticales de extracción puede variar y debería basarse en la profundidad de las aguas subterráneas, la estratificación del suelo y la ubicación y distribución de los contaminantes. Por lo general, el fondo del intervalo tamizado debe ser lo suficientemente profundo para permitir el descenso máximo y anticipado de las aguas subterráneas (USEPA, 2004).

Cañería de distribución

La cañería de distribución conecta los pozos de extracción al soplador de superficie.

La cañería puede colocarse por encima o por debajo del nivel de superficie según las operaciones en el sitio, la temperatura ambiente y los códigos locales de construcción. La cañería por debajo de la superficie es más común y se instala en zanjas de poca profundidad destinadas a los servicios públicos que conectan la(s) bóveda(s) de la boca del pozo de extracción al lugar donde se encuentra el equipo central. Se puede distribuir la cañería en el área donde está el equipo o conectar a un troncal de vacío común que abastece los pozos en serie, en cuyo caso las válvulas de control de flujo están situadas en la boca del pozo (USEPA, 2004).

Tanque de Flasheo

El equipo cuenta con un tanque de flasheo (véase Figura 4) que consiste en un tanque resistente al vacío que se encuentra en el lado del afluente de la bomba de anillo líquido (LRP) y recibe el líquido proveniente de todos los pozos de extracción conectados al bioslurper. El tanque se emplea para separar el agua y el gas de la FLNA (Place *et al.*, 2003).

El sistema de tuberías del tanque hacia la LRP, como se muestra en la Figura 4, controla el proceso de separación. La sección superior de la tubería que sale del tanque elimina el gas, mientras que la sección inferior elimina el agua subterránea. El nivel de líquido en el tanque se mantiene constante por la eliminación de gases de suelos y aguas subterráneas en la misma proporción en la que entran en el tanque (Place *et al.*, 2003).

La FLNA flotando sobre el agua drena automáticamente por la gravedad a un tanque para almacenamiento de producto (Place *et al.*, 2003).

El tamaño del tanque depende en la tasa de recuperación de producto estimada para cada sitio en particular (Place *et al.*, 2003).

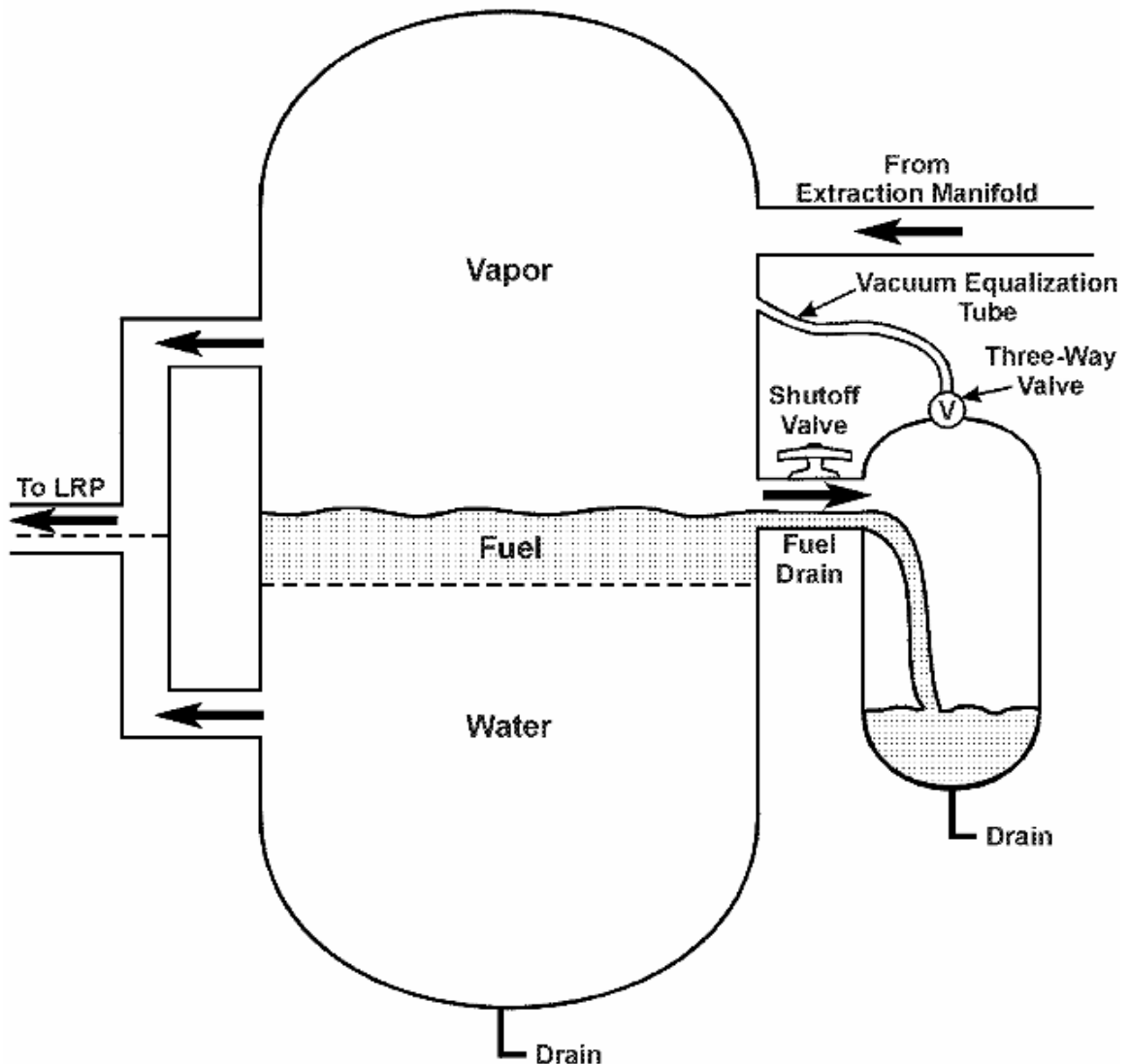


Figura 4: Esquema de un tanque de flasheo (Place *et al.*, 2003)

El agua proveniente del tanque de flasheo se dirige a separadores coalescentes para la separación por gravedad del agua y el aceite emulsionado.

La FLNA se colecta en tambores para su posterior disposición final mientras que el agua se filtra en módulos con carbón granular activado previo a su reinyección o descarga a red pluvial o cloacal, ya que el carbón retendrá por adsorción los compuestos orgánicos residuales del agua, en especial los de carácter aromático.

Tratamiento de gases

El tratamiento de los gases extraídos durante una remediación, previo a su emisión a la atmósfera, es muy importante. En muchos casos, los compuestos orgánicos volátiles (COVs) emitidos son peligrosos por su toxicidad o inflamabilidad. El objetivo de los sistemas de tratamiento de gases es mejorar la calidad de las emisiones a la atmósfera, generando el mínimo impacto sobre la salud de la población y el medio ambiente (USEPA, 2006b).

Los fluidos extraídos del pozo consisten en una mezcla de gases de hidrocarburos, agua en estado de vapor y agua subterránea condensada en micropartículas que es arrastrada por la corriente, además de partículas sólidas, estas dos últimas pueden dañar partes del soplador e inhibir la eficacia de los sistemas de tratamiento. Con el fin de minimizar el potencial daño a los sopladores, por lo general se pasan los vapores por un separador de humedad y un filtro de partículas antes de que ingresen al soplador (USEPA, 2004).

Se emplearán sistemas de tratamiento de vapor para la operación de equipos de bioslurping si la información de las pruebas piloto indica que los vapores extraídos contienen concentraciones de COVs superiores a los límites de calidad de aire que estén establecidos. Las opciones en cuanto a los tratamientos de vapor que se encuentran disponibles incluyen carbón granular activado (GAC [Granular Activated Carbon]), oxidación catalítica y oxidación térmica (USEPA, 2004).

El GAC es una elección común para el tratamiento de vapor por su simpleza y eficacia. Sin embargo, la oxidación catalítica es, por lo general, más económica que el GAC cuando existe una carga demasiado alta de masa contaminante, lo que provoca que el GAC no sea una solución económica, así como también cuando las concentraciones están comprendidas en un 20 % o mayores al límite inferior de explosividad (LEL, Lower Explosive Limit) (USEPA, 2004).

La capacidad de adsorción del carbón activado se define como la masa de contaminantes que pueden ser adsorbidos en una masa dada de carbono hasta que se produzca la saturación (USEPA, 2006b).

El conocimiento de la eficiencia del sistema de tratamiento de gases es importante para que se cumplan los límites de emisión a la atmósfera. Si se utiliza GAC, los gases deben ser medidos a la entrada y salida de las unidades de tratamiento (US Army, 2002).

En el caso que las concentraciones de los componentes químicos se sostengan a niveles mayores al 20 % de su LEL se deberá emplear otro método de tratamiento como ser la oxidación térmica (USEPA, 2004).

1.3 APLICABILIDAD DE LA TÉCNICA

La aplicación de la técnica depende de las propiedades del medio y del contaminante. La Tabla 1 muestra los requisitos de aplicación que dependen de los parámetros del sitio. La conductividad hidráulica (K) es un parámetro muy importante del medio porque caracteriza la habilidad de una formación de difundir agua. El bioslurper es aplicable en formaciones de grano fino en el rango de finas arenas a limos arenosos, con conductividades hidráulicas de $K = 10^{-3}$ a 10^{-5} cm/s. Asimismo, está condicionada su aplicación dependiendo del espesor del producto saturado y la conductividad hidráulica, lo que se denomina transmisividad, la técnica puede ser aplicada a formaciones con baja transmisividad, valores menores a 6209.67 lpd/m (500 gpd/ft) (USEPA, 1999).

El vacío empleado en bioslurping permite vencer las fuerzas de capilaridad y remover el fluido de los capilares del suelo; lo que implica una ventaja ya que la FLNA tiende a acumularse en estas zonas en la interfase aire-agua (USEPA, 1999).

Otro parámetro a considerar es la volatilidad y la presión de vapor del contaminante. Por lo tanto, será más efectiva para la remoción de COVs como hidrocarburos de petróleo (ej. benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) y solventes clorados y no clorados (ej. tetracloroetileno y tricloroetileno). Asimismo, es aplicado a contaminantes no volátiles ya que el incremento de flujo de aire y la introducción de oxígeno estimula la biodegradación (USEPA, 1999).

Respecto al perfil litológico promedio de la Ciudad de Buenos Aires se corresponde con sedimentos de tipo loessico, correspondientes al Piso Bonaerense de la Formación Pampeano. Estos suelos se encuentran compuestos por partículas muy finas de arena, limo y arcillas transportadas por la acción eólica, con una conductividad hidráulica entre 10^{-3} y 10^{-5} cm/s (Francisca, 2010). La técnica bioslurping es efectiva para el tratamiento in situ de suelos y agua subterránea impactados y es utilizada típicamente en sedimentos texturalmente finos (como los que predominan en el subsuelo del sitio investigado), de permeabilidades bajas a medias. Dadas estas características la técnica bioslurping es aplicable en el sitio de estudio.

Tabla 1: Aplicabilidad del Bioslurping (USEPA, 1999)

Parámetro	Requisitos de Aplicación de Bioslurping
Conductividad Hidráulica	<ul style="list-style-type: none"> • Baja a Moderada ($K = 10^{-3}$ a 10^{-5} cm/s)
Transmisividad	<ul style="list-style-type: none"> • Baja 6209.67 lpd/m (500 gpd/ft)
Composición geológica	<ul style="list-style-type: none"> • Arenas a arcillas
Permeabilidad al aire de la zona saturada del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Moderada a Baja ($k < 1$ darcy)^a
Características de la Formación	<ul style="list-style-type: none"> • Baja permeabilidad, sistemas fracturados. • Capas intercaladas de arcilla y arena. • Espesor de la zona saturada limitado. • Freático poco profundo. • Zona amplia de capilaridad (varios metros). • FLNA o capas de agua subterránea.
Tasa de Retiro/Recuperación	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones que produzcan elevado retiro en los pozos. • Bajas tasas de recuperación de agua subterránea mediante técnicas convencionales de bombeo.
Localización de la contaminación	<ul style="list-style-type: none"> • Zona vadosa, saturada o capilar.
Contaminantes	<ul style="list-style-type: none"> • COVs halogenados • COVs aromáticos y/o hidrocarburos totales de petróleo (HTP) • Fase líquida no acuosa (FLNA)
Presión de vapor del contaminante	<ul style="list-style-type: none"> • > 1 mm Hg a 20 °C
Volatilidad del contaminante	<ul style="list-style-type: none"> • > 0.01 a 20 °C^b • $> 2 \times 10^{-4}$ atm m³/mol a 20 °C^c
<p>^a 1 darcy = 10^{-8} cm²</p> <p>^b Expresado como Constante adimensional de la Ley de Henry: concentración en la fase gaseosa/ concentración en la fase líquida.</p> <p>^c Constante de la Ley de Henry: calculado de (b)</p>	

1.3.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL USO DE LA TÉCNICA BIOSLURPING

Los principales factores que promueven la elección de bioslurping como una alternativa de remediación son los siguientes (USEPA, 1999):

- Aumento en las tasas de recuperación de agua subterránea comparado con las prácticas convencionales de bombeo.
- Incremento en el radio de influencia de los pozos.
- Recuperación de la capa somera de FLNA.
- Remediación de la franja capilar.
- Remediación de contaminantes volátiles en fase residual, localizados por encima y por debajo del nivel freático.
- Remediación simultánea de suelo y agua subterránea.

La Guía de la EPA *“Best Management Practices for Soil Treatment Technologies”* (1997) enumera varios factores potenciales de transferencia cruzada de contaminantes para las tecnologías de remediación, entre los que interesan al presente proyecto se identifican:

- La emisión de COVs puede incrementarse durante los períodos cálidos y secos.
- Emisiones de vapor fugitivas a través de la superficie del suelo durante la operación, especialmente durante la inyección de aire.
- Migración no deseada de vapores o líquidos contaminantes subsuperficiales al suelo por el diseño o la operación inapropiada.
- Durante la operación del sistema, puede haber una emisión potencial de COVs en las tuberías, uniones y válvulas del sistema compresor.
- El diseño y la operación inadecuada del equipo para el control de emisiones puede causar la transferencia de contaminantes al ambiente.
- Respecto a las técnicas de inyección, los conductos subterráneos pueden impedir el adecuado flujo de aire y dar lugar a vertidos de COVs incontrolados.

Conforme U.S. Navy (2008) se identifican los siguientes factores que derivan en una percepción de alto riesgo de las actividades de remediación:

1. Proximidad a poblaciones;
2. Presencia de químicos altamente tóxicos;
3. Tecnologías con elevado potencial de descarga, ya sea planeado o accidental;
4. Tecnologías donde la identidad y cantidad de descargas es desconocida;
5. Múltiples químicos y/o rutas de exposición que afecten a los mismos individuos;
6. Múltiples descargas ocurriendo simultáneamente, como ser diferentes tecnologías de remediación operando en la cercanía;
7. Descargas por un largo período de tiempo.

1.4 DATOS ESTADÍSTICOS DE LA CIUDAD

La Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) es la capital de la República Argentina. Su ubicación geográfica puede observarse en la Figura 5.



Figura 5: Ubicación geográfica de la Ciudad de Buenos Aires (Google Earth)

La superficie de la CABA es algo superior a los 200 km² y su perímetro de 60 km. Más de tres millones de habitantes residen en ella (de acuerdo al Censo INDEC 2001: 2,776,138) distribuidos en barrios que, desde el punto de vista administrativo, se agrupan en quince comunas. La densidad de la población es de más de 15,000 habitantes/km². Las zonas centro y norte son los espacios territoriales más densamente poblados.

Esto muestra que es una ciudad muy densamente poblada, con 372 estaciones de servicio activas y 140 desactivadas (Diario iProfesional, 15/3/09), de las cuales según Informe N° 4887-DGET-2010 había 66 que estaban en proceso de remediación, lo que justifica las precauciones a tomar con la técnica de remediación a aplicar.

1.5 MARCO NORMATIVO

En materia legal, la Resolución N° 873 – A. A. Ley N° 123- SSMAMB-04 reglamentaria de la Ley N° 123 de Evaluación de Impacto Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires, establece que las estaciones de servicio deberán presentar un estudio de sitio y en caso de identificación o presunción de pérdidas, se debe presentar un Plan de Remediación como se establece en los Anexos VI y VII, respectivamente.

Cabe aclarar que en la Capital Federal y en el Gran Buenos Aires, la empresa Agua y Saneamientos Argentinos S.A. (AySA) es la encargada de prestar servicios de agua potable y desagües cloacales y además regula la descarga de efluentes industriales. Sin embargo, en el Anexo A de la Resolución N° 1082/2001 que lista las actividades que deben pedir permiso de vuelco ante AySA no se encuentran listadas las actividades de remediación, por lo tanto esta entidad ha prohibido que se vuelquen los efluentes de los equipos de remediación a su red y consecuentemente se encuentran detenidas todas las actividades de remediación que requieran el vuelco de efluentes, lo que incluye a la técnica bioslurping.

Respecto a legislación referente a contaminación atmosférica existe en la CABA la Ley N° 1356 de “Preservación del Recurso Aire y la Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica” y su Decreto reglamentario N° 451/GCABA/05. En el Decreto mencionado, sólo se establecen estándares para calidad de aire, pero no límites de emisión de gases.

A nivel nacional el Decreto N° 831/93 reglamentario de la Ley de Residuos Peligrosos N° 24051 establece límites de emisión para fuentes fijas. Los compuestos allí normados que corresponden al objeto de evaluación del presente proyecto se listan en la Tabla 2.

Tabla 2: Estándares de emisiones gaseosas para compuestos orgánicos volátiles. Decreto 831/93, Tabla 11.

Constituyente Peligroso	CAS	Desde Superficie (mg/s)	Altura de chimenea: 30 m (mg/s)
Benceno	75-07-0	3.50 E00	1.20 E03
Tolueno	108-88-3	2.10 E02	7.40 E04
Xilenos	1330-20-7	7.00 E01	2.40 E04

Para su comparación a nivel internacional se emplearán en este proyecto los estándares de emisión estipulados en la normativa alemana del año 2002: Instrucciones Técnicas para el control de la Calidad de Aire (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft).

El mismo establece estándares de emisión para sustancias carcinógenas (Parte 5.2.7.1.1), y dentro de la Clase III se encuentra el benceno donde se establece como límite un flujo másico de 2.5 g/h o una concentración másica de 1 mg/m³.

1.6 ATMÓSFERA EXPLOSIVA

La atmósfera explosiva se forma cuando una cantidad peligrosa de sustancia inflamable en forma de gas, vapor, niebla o polvo se mezcla con el aire. Esta circunstancia puede ocurrir porque la sustancia inflamable se libera al ambiente de trabajo, o bien por tratarse de almacenamientos atmosféricos en los que el aire está en el interior del recipiente que la contiene (España, Real Decreto 681/2003).

A efectos de seguridad se considera que un espacio confinado es muy peligroso cuando existe una concentración de sustancia inflamable por encima del 20-25% del límite inferior de explosividad. En este caso, debe verificarse con un detector de gases que no se supere el 10% LEL (Rubio Romero, 2005).

1.7 ANTECEDENTES

Como antecedentes de sitios en remediación que han incurrido en riesgos para la población circundante en el ámbito de la Ciudad de Buenos Aires, cabe recalcar el caso que aconteció en enero del 2003 donde, luego de la explosión ocurrida en la estación de servicio de Avenida Santa Fe y Aráoz, los peritos pudieron determinar que se estaban realizando tareas de remediación desde hacía tiempo atrás por haberse detectado la presencia de sobrenadante de hidrocarburos sin haber dado aviso a las autoridades competentes (Piovesán, 2004).

El día 27 de mayo de 2010 se emite el Informe N° 4887-DGET-2010 por la Dirección General de Evaluación Técnica (DGET) de la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires en respuesta al Registro N° 452517-APRA-2010 según solicitud de acceso a la información conforme a la Ley N° 303. En el Registro presentado se solicita información respectiva a las actividades de remediación que se llevan a cabo en la ciudad, las estaciones de servicio que cuentan con Certificado de Aptitud Ambiental y los riesgos asociados a las actividades de limpieza de los sitios (ANEXO I).

En el mencionado Informe se especifica:

Atento a lo solicitado en el Registro de la referencia, y en base a las tramitaciones que se encuentran tramitando bajo la órbita de ésta Dirección General de Evaluación Técnica relacionadas con estaciones de servicio, se informa que se encuentran tramitando 399 actuaciones que involucran a estaciones de servicio en funcionamiento y en desactivación.

De estas 399 tramitaciones, se puede mencionar que 86 de ellas han obtenido el Certificado de Aptitud Ambiental en cumplimiento con el procedimiento técnico establecido en la Ley N° 123 y 28 han tramitado la desactivación de la actividad habiéndose elaborado el Informe Técnico Final de Desactivación. Sobre estas últimas, se pudo determinar que el predio se encontraba en condiciones ambientales aptas para instalar una nueva actividad en el sitio.

Respecto al resto de las tramitaciones, es decir 285, se encuentran en evaluación. De este grupo podemos diferenciar aquellas estaciones de servicio que se encuentran en proceso de remediación (66), las que se encuentran en proceso de desactivación (22) y aquellas que se encuentran pendientes de presentar documentación de carácter general que no se encuentran en remediación ni en proceso de desactivación.

De la base de datos con que cuenta el Departamento de Evaluación de Proyecto Productivos, Estaciones de Servicio y Actividades Relacionadas, se pudo obtener la información mencionada anteriormente, no así identificar la metodología de remediación que se están ejecutando en cada uno de los predios donde se desarrollan estos procesos. Sin perjuicio de ello, se puede mencionar que una de las metodologías implementadas es el Bioslurping, entre otras técnicas, dependiendo de las características del sitio a remediar, de las concentraciones de compuestos de interés registradas en el mismo, etc.

En cuanto a hechos que hayan puesto en riesgo a la población y relacionados con las tareas de remediación, el acontecimiento sucedido en el mes de Enero de 2003 en la estación de servicio de bandera SHELL ubicada en Av. Santa Fe y Araoz, de las inspecciones efectuadas luego del siniestro, se pudo determinar que la explosión se originó en un equipo separador de agua y combustible instalado en la playa de la estación de servicio, el cual se encontraba en funcionamiento en el momento en que el

camión cisterna estaba realizando las operaciones de descarga de combustible.

Los riesgos asociados a las tareas de remediación se encuentran condicionados a las medidas de seguridad del sistema y del predio donde se desarrollen estas tareas, el control y monitoreo que aseguren el correcto funcionamiento del sistema.

Al día de hoy, no se han registrado acontecimientos que representen un riesgo sobre la población de la Ciudad de Buenos Aires, en relación al funcionamiento de los sistemas de remediación de los sitios contaminados.

De acuerdo a la poca información con que se cuenta acerca de las emisiones gaseosas de los equipos de remediación en estaciones de servicio, se plantea que es necesaria hacer una evaluación de las emisiones para corroborar que no se esté realizando una transferencia cruzada de contaminantes desde el suelo/agua hacia la atmósfera, sobrepasando los límites permisibles establecidos en la legislación aplicable.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la evaluación e identificación de las emisiones generadas por la remediación de sitios contaminados con hidrocarburos mediante la técnica bioslurping en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

2.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Realizar mediciones, caracterizar y cuantificar las emisiones de compuestos orgánicos volátiles al aire que se emiten durante las tareas de remediación mediante bioslurping. Evaluación de su encuadre con las normativas vigentes.
- Efectuar mediciones del límite inferior de explosividad en estaciones de servicio durante la operación de los equipos de bioslurping.

3. JUSTIFICACIÓN

Las tecnologías de remediación pueden causar la transferencia de contaminación a otros medios o causar un riesgo a los potenciales receptores. Identificando las fuentes potenciales de emisión de contaminantes al aire y las principales rutas de exposición se pueden diseñar medidas de mitigación (USEPA, 1997).

La “Federal Remediation Technologies Roundtable (FRTR)” del gobierno de Estados Unidos (www.frtr.gov) identifica los siguientes riesgos de la técnica bioslurping que son pertinentes al presente proyecto:

- Riesgos físicos: Durante la transferencia de los líquidos o gases combustibles o inflamables extraídos desde los pozos, puede existir un riesgo de explosión.
- Riesgo químico: Durante la operación del sistema de extracción, los trabajadores pueden estar expuestos a químicos tales como sulfuro de hidrógeno, compuestos orgánicos volátiles y subproductos como compuestos organoclorados, poliaromáticos y alifáticos.

La emisión de contaminantes a la atmósfera es indeseable. Esto se basa en que, la exposición a COVs puede ser un riesgo para la salud si éstos son emitidos en grandes cantidades por largos períodos de tiempo. El benceno, que comúnmente representa entre el 2 y 4 % de las gasolinas, es particularmente importante ya que es un carcinógeno (USEPA, 1989).

Los factores de riesgo identificados que conducen a la realización del proyecto son los siguientes:

- El proyecto se realizará en la Ciudad de Buenos Aires que, de acuerdo al Censo Poblacional del INDEC 2001, tiene una población de 2,776,138 habitantes.
- La Guía de Evaluación de Tecnologías de Remediación de ITCR (2009), en la descripción de los factores que conciernen a la comunidad respecto a la técnica bioslurping identifica que puede haber una potencial descarga de vapores por la operación de las bombas de vacío.
- Por lo expuesto en los antecedentes y de acuerdo a lo informado por la DGET, hay 66 estaciones de servicio que se encuentran en remediación, por lo que se puede inferir que puede existir un riesgo por las emisiones fugitivas de las distintas técnicas de remediación empleadas.

- Las tareas de remediación, dependiendo de la complejidad del sitio a tratar, pueden durar largos períodos de tiempo hasta su conclusión.

Por lo tanto, lo que se plantea en este proyecto es verificar que durante la aplicación de la técnica de remediación bioslurping no se estén emitiendo gases a la atmósfera que sobrepasen los estándares de emisión establecidos en la legislación vigente o posean un riesgo de explosividad.

4. METODOLOGÍA

4.1 DESCRIPCIÓN DEL SITIO

El sitio de estudio, que corresponde a una ex boca de expendio de combustibles, se encuentra ubicado en la intersección de la Av. San Juan y la calle Perú en la Ciudad de Buenos Aires, tal como se observa marcado en la Figura 6.

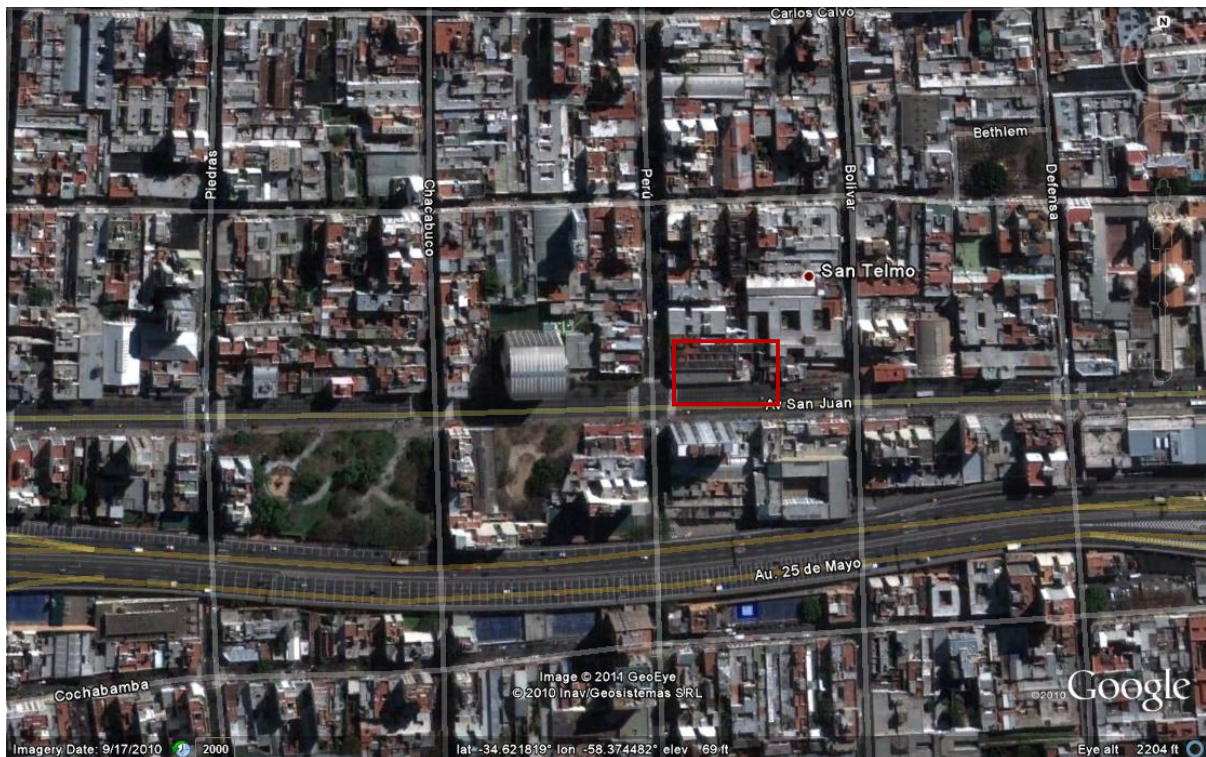


Figura 6: Ubicación del sitio a evaluar (Imagen extraída de Google Earth 2011)

La estación de servicio estuvo activa desde 1999 y fue desactivada en el año 2007, los tanques subterráneos de almacenamiento de combustible fueron erradicados en mayo de 2010.

Cabe aclarar que tanto la empresa remediadora como la petrolera, han preferido permanecer en el anonimato por cuestiones de seguridad, económicas y legales. Los datos históricos, planos, figuras y antecedentes ambientales fueron proporcionados por estas empresas.

El terreno posee una superficie de 475.68 m² y antiguamente estaba conformada por tres islas de expendio de combustibles, un local de ventas y un depósito, que en el pasado estaba destinado a la lubricación de vehículos.

El sistema de almacenamiento subterráneo de hidrocarburos (SASH) estaba conformado por siete tanques de doble pared, dotados de bocas de carga remota, y un tanque de 0.4 m³ para el almacenamiento de aceite usado. Los primeros estaban ubicados de forma oblicua a la traza de la Av. San Juan, discriminados de la siguiente forma:

- 1 tanque de 15 m³ para el almacenaje de diesel
- 1 tanque de 10 m³ para el almacenaje de diesel
- 4 tanques de 10 m³ para almacenar gasolina
- 1 tanque de 10 m³ para el almacenaje de gasolina ultra

4.1.1 ENTORNO

El sitio investigado se localiza en el Barrio de San Telmo, en un área céntrica de la Ciudad de Buenos Aires. El uso del suelo corresponde a los tipos residencial y comercial, existiendo en el área suministro de agua y servicio de cloacas.

En el entorno existen cámaras subterráneas de servicios públicos (pluviales/cloacales) y viviendas con sótanos, subsuelos o respiraderos. La propiedad contigua sobre la calle Perú posee un subsuelo adyacente al linde medianero de la boca de expendio (ver Figura 7).

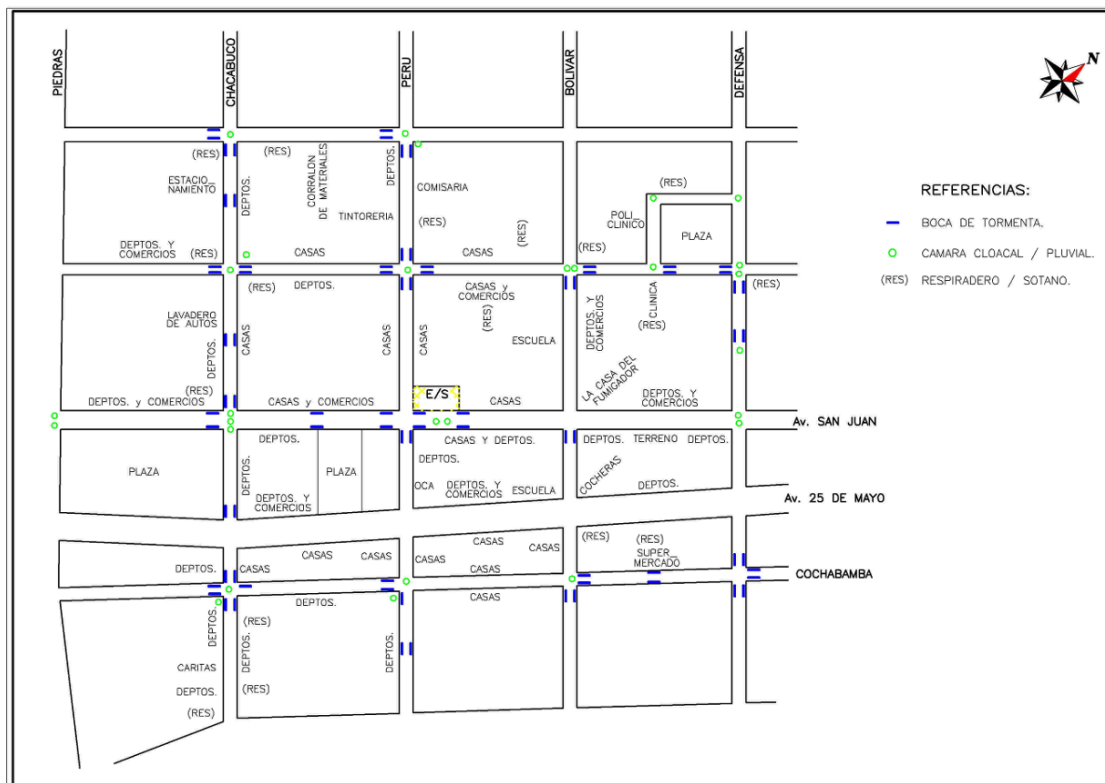


Figura 7: Descripción del entorno del área de estudio

4.1.2 DESCRIPCIÓN AMBIENTAL DEL SITIO AFECTADO

En el sitio de estudio, se presumen como fuentes primarias de contaminación, las operaciones históricas de manejo de hidrocarburos, incluyendo su almacenamiento, trasvase, despacho y distribución.

Las últimas mediciones realizadas por la empresa remediadora en agosto de 2008 indicaron presencia de FLNA en los freáticos PM2, PM3, PM4, PM5 y PM7, con espesores aparentes de 0.982 m, 0.649 m, 0.615 m, 0.909 m y 0.050 m respectivamente. En la Figura 8 se ilustran las correspondientes curvas de iso-espesores aparentes, que muestran el espesor y la pluma de hidrocarburo sobrenadante en la zona no saturada.

En noviembre de 2006 se realizó el muestreo y análisis de fluidos de los pozos. Para el muestreo se utilizaron toma muestras transparentes de tipo descartable (bailers), de uso individual para cada pozo. Las determinaciones requeridas para el análisis de agua freática fueron Hidrocarburos Totales de Petróleo (HTP) y Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX), mientras que las muestras de FLNA fueron caracterizadas cromatográficamente. Los resultados obtenidos se exponen en la Tabla 3.

En función de los patrones cromatográficos y de las relaciones Pristano/C17 y Fitano/C18, el producto colectado del pozo PM2 correspondería a un corte de nafta sin evidencias de evaporación, con un aporte de gasoil sin evidencias de degradación. Los productos hallados en los pozos PM3, PM4 y PM7 corresponderían a un corte de nafta sin evidencias de evaporación, con un aporte de gasoil parcialmente degradado, mientras que el producto colectado del freático PM5 correspondería a un corte de nafta sin evidencias de evaporación, con un aporte de gasoil levemente degradado.

Las relaciones Pristano/C17 y Fitano/C18 se determinan calculando la relación de masa entre un hidrocarburo de biodegradación fácil, principalmente los *n*-alcanos de 17 y 18 átomos de carbono (*n*-C17 y *n*-C18), y un hidrocarburo que se biodegrada más lentamente, generalmente hidrocarburos ramificados como el pristano (Pr) y fitano (Ph). Por lo tanto, estudiando la evolución en el tiempo del ratio Pristano/*n*-C17 y Fitano/C18, se puede estimar el grado de biorrecuperación de una zona afectada por un vertido de petróleo. Los valores altos (>1) corresponden a petróleo degradado y los valores bajos (< 1) corresponden a escasa degradación (Gil, M. *et al*, 1996).

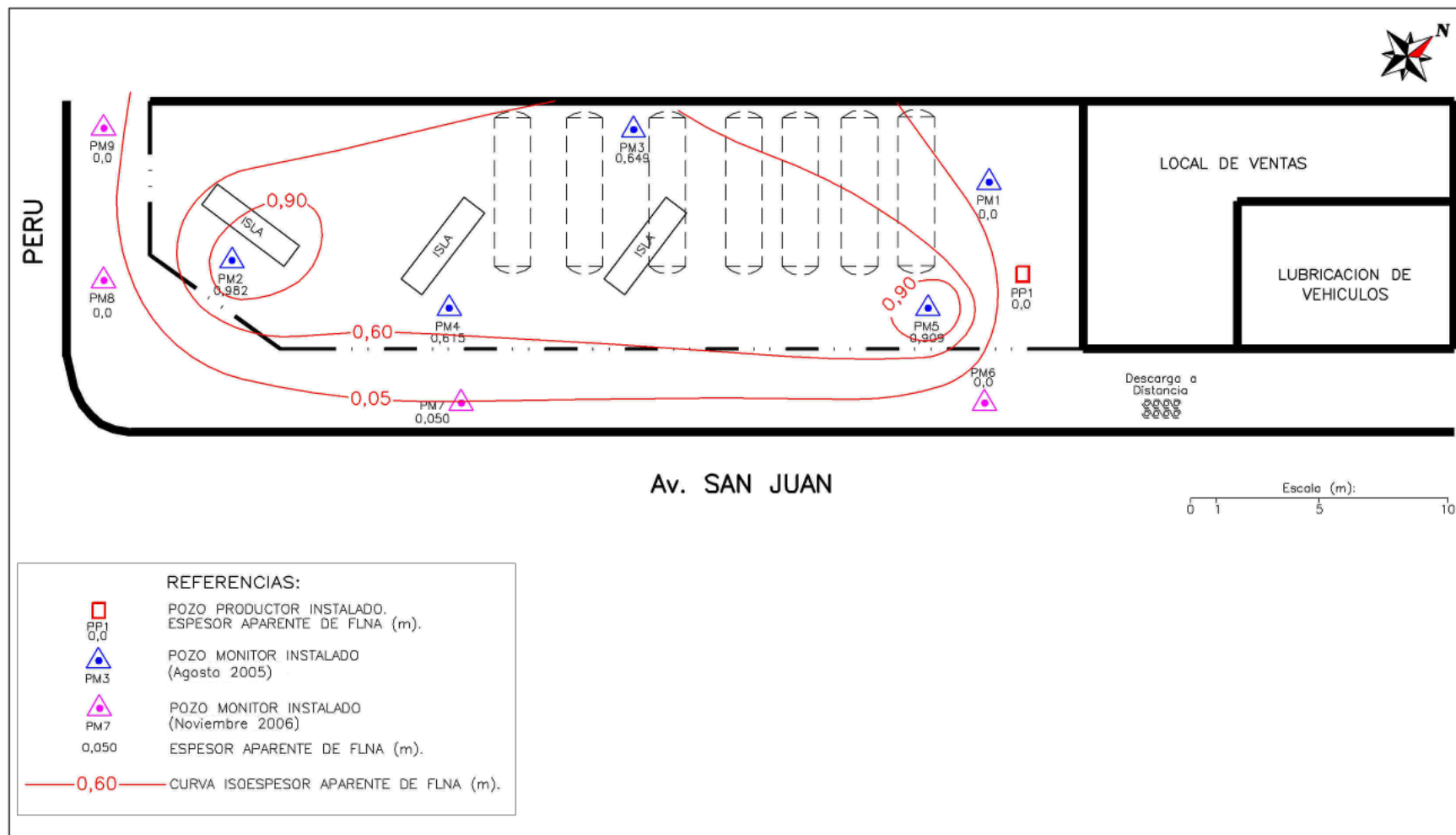


Figura 8: Curvas de isoespesores aparentes del sitio de estudio (Noviembre, 2006).

Tabla 3: Caracterización cromatográfica de FLNA (Noviembre 2006)

Compuesto		PM 2	PM 3	PM 4	PM 5	PM 7
		% en masa	% en masa	% en masa	% en masa	% en masa
Butanos	C 4	1.04	0.52	0.13	0.28	0.61
Pentanos	C 5	4.09	3.95	2.56	3.15	3.54
Hexanos	C 6	13.81	9.25	7.01	8.97	8.38
Heptanos	C 7	19.45	15.57	17.47	16.80	18.80
Octanos	C 8	13.59	11.12	11.92	12.52	10.86
Nonanos	C 9	16.19	13.27	18.89	16.38	17.09
Decanos	C 10	11.37	9.99	15.26	12.59	13.60
Undecanos	C 11	6.35	6.70	9.18	7.59	8.22
Dodecanos	C 12	4.36	5.64	6.17	5.48	5.77
Tridecanos	C 13	2.21	4.03	2.89	3.10	3.11
Tetradecanos	C 14	1.14	2.93	1.41	1.97	1.86
Pentadecanos	C 15	0.95	3.03	1.05	1.88	1.69
Hexadecanos	C 16	0.69	2.34	0.74	1.46	1.28
Heptadecanos	C 17	0.67	2.14	0.66	1.33	1.17
Octadecanos	C 18	0.72	2.17	0.66	1.29	1.17
Nonadecanos	C 19	0.66	1.86	0.56	1.09	0.98
Eicosanos	C 20	0.56	1.50	0.47	0.88	0.80
Heneicosanos	C 21	0.47	1.20	0.40	0.70	0.64
Docosanos	C 22	0.36	0.92	0.33	0.54	0.50
Tricosanos	C 23	0.27	0.64	0.26	0.42	0.39
Tetracosanos	C 24	0.19	0.46	0.22	0.30	0.28
Pentacosanos	C 25	0.14	0.31	0.22	0.24	0.23
Hexacosanos	C 26	0.10	0.19	0.19	0.20	0.18
Heptacosanos	C 27	0.07	0.11	0.19	0.13	0.15
Octacosanos	C 28	0.07	0.06	0.19	0.12	0.12
Nonacosanos	C 29	0.08	0.03	0.18	0.10	0.12
Triacotanos	C 30	0.10	0.03	0.21	0.11	0.12
Hentriacotanos	C 31	0.11	0.03	0.22	0.13	0.12
Dotriacotanos	C 32	0.09	0.01	0.21	0.12	0.10
Tritriacotanos	C 33	0.08	0.02	0.16	0.12	0.11
Rango Nafta	(C 6-C 10)	74.41 %	59.19 %	70.55 %	67.26%	66.72%
Rango Gasoil	(> C 10-C 28)	20.01 %	36.22 %	25.78 %	28.73%	28.56%
Pristano / nC17		0.71	1.91	1.30	0.76	1.51
Fitano / nC18		0.79	2.31	1.52	0.83	1.56

4.1.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE REMEDIACIÓN

De acuerdo a los objetivos de saneamiento para suelo y agua, considerando que es necesaria la remoción de FLNA y la remediación de suelos y agua subterránea y dadas las características del sitio (sedimentos texturalmente finos de permeabilidades medias a bajas), en 2006 la empresa encargada de la realización del proyecto propone la aplicación de la técnica bioslurping.

En 2006 se realizaron ensayos de extracción de vapores de suelo (SVE) por la empresa encargada de la remediación del sitio. El sistema opera con tres bombas de vacío de anillo líquido, vinculadas a un tanque de flasheo. El sistema cuenta con una red de 20 pozos productores ubicada en el área afectada por FLNA. La ubicación de los pozos se muestra en la Figura 9.

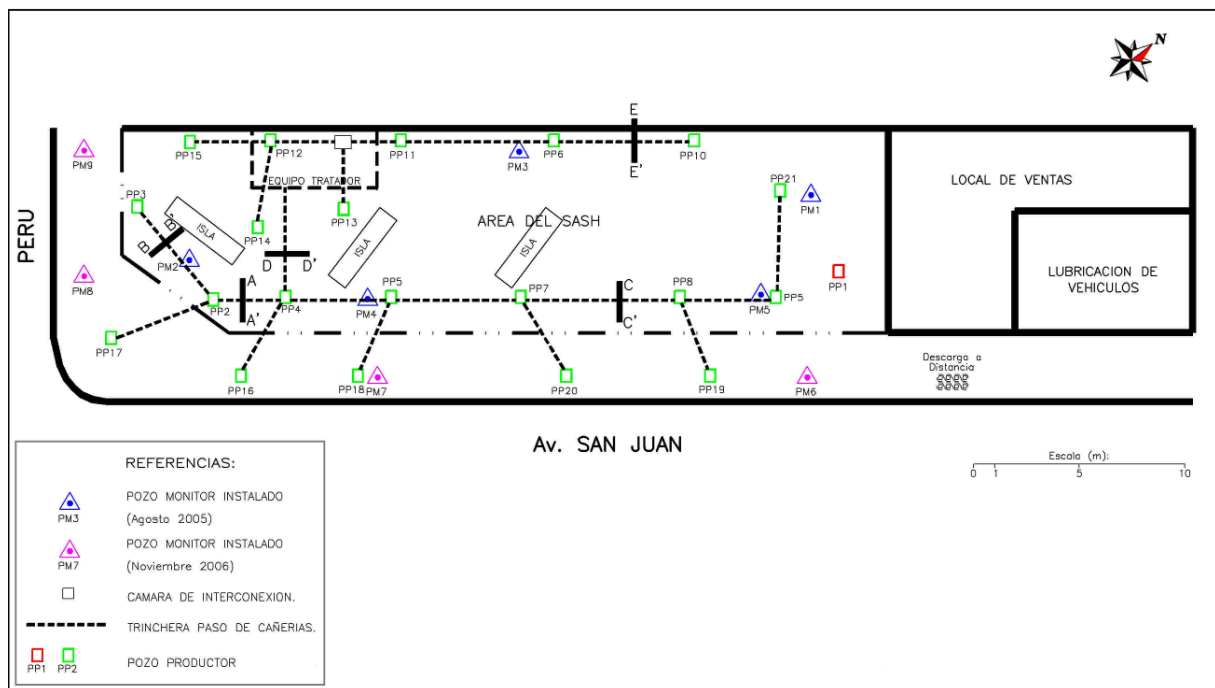


Figura 9: Diagrama de los pozos de monitoreo, pozos de producción y trincheras dentro del terreno a remediar.

El diseño constructivo de los pozos consiste en un entubado en caño de PVC de 10.16 cm (4 in) hasta alcanzar una profundidad de 13 m.b.n.s (metros bajo nivel de superficie). El caño filtro se extiende desde 1 m.b.n.s hasta 13 m.b.n.s, con una abertura de ranura de 0.0254 cm (0,010 in). El espacio anular está lleno con arena seleccionada (a modo de prefiltro) hasta alcanzar los 0.5 m por encima del tope de la cañería filtrante. Finalmente está sellado con bentonita y cemento. La Figura 10 muestra el diseño típico de un pozo bioslurping.

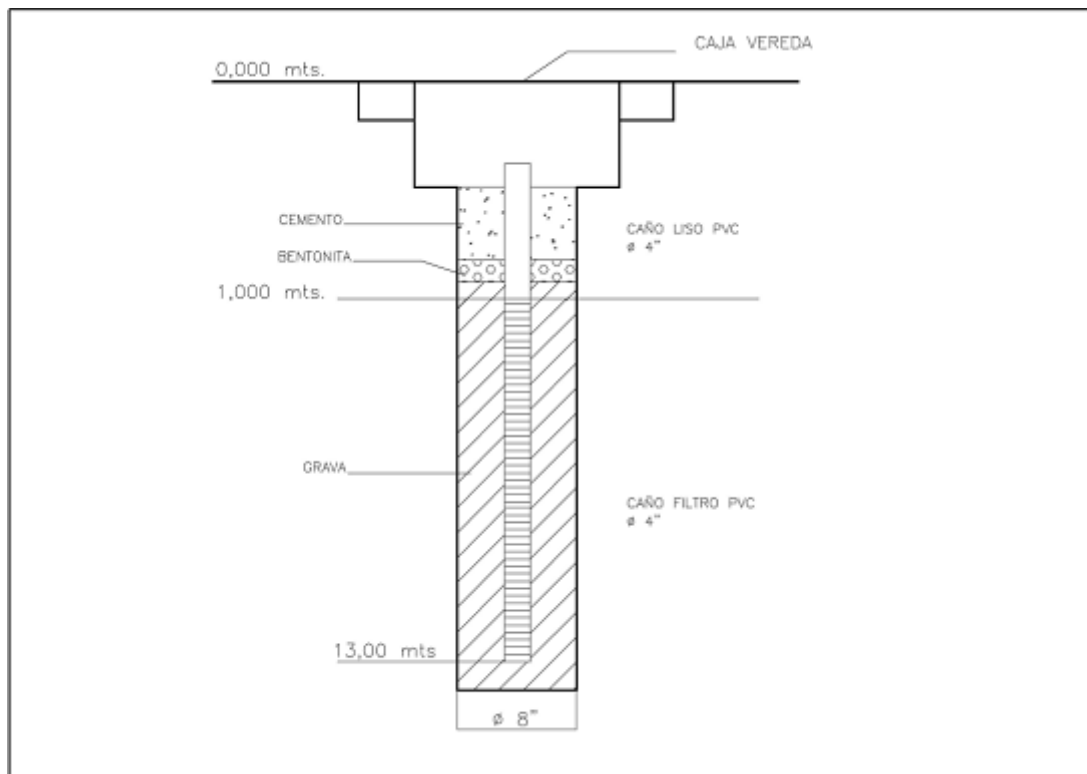


Figura 10: Diagrama de pozo de bioslurping

Dentro de cada pozo se colocó un caño de 1.9 cm (0.75 in) de diámetro, cuyo extremo está cortado con un bajo ángulo. El tope de dicho caño se une a una manguera plástica reforzada con alambre. Durante el inicio de la operación, el caño de 1.9 cm es bajado lentamente dentro de la FLNA.

La boca de cada pozo se conecta a una manguera de 2.54 cm (1 in) de diámetro, la cual se extiende hasta el recinto del equipo. Dentro de este recinto las mangueras de 2.54 cm (1 in) de diámetro de los 20 pozos están unidos a un manifold de 7.62 cm (3 in) de diámetro. Éste se conecta a un tanque de flasheo. Los líquidos acumulados en el mismo son transferidos a un separador primario de hidrocarburos/agua.

Los vapores contenidos en el tanque de flasheo son eliminados a la atmósfera por medio de una chimenea; los gases son previamente filtrados por carbón activado (tanque cilíndrico con un masa de carbón activado granular de 20 kg). La ficha técnica del carbón empleado en este equipo puede verse en el Anexo II. La chimenea tiene una altura de 5 m y un diámetro de 10.16 cm (4 in). La empresa que realiza la remediación ha declarado que una vez que se determina que el carbón activado ya no retiene los compuestos de interés lo reemplaza por uno nuevo, y el agotado es enviado a su disposición final como residuo peligroso.

La FLNA acumulada en el separador primario drena gravitacionalmente a un tanque de almacenamiento superficial con una capacidad de 1000 l, que luego se enviará para tratamiento como residuo peligroso. El agua proveniente del separador drena por gravedad a un separador secundario; posteriormente el agua es bombeada a un stripper de alto perfil, y luego filtrada por carbón activado previamente a su descarga en el conducto cloacal. Los gases generados en el air stripper son venteados hacia la atmósfera por una chimenea de 5 m, sin ningún tipo de tratamiento. En la Figura 11 se puede observar un diagrama del equipo de bioslurping.

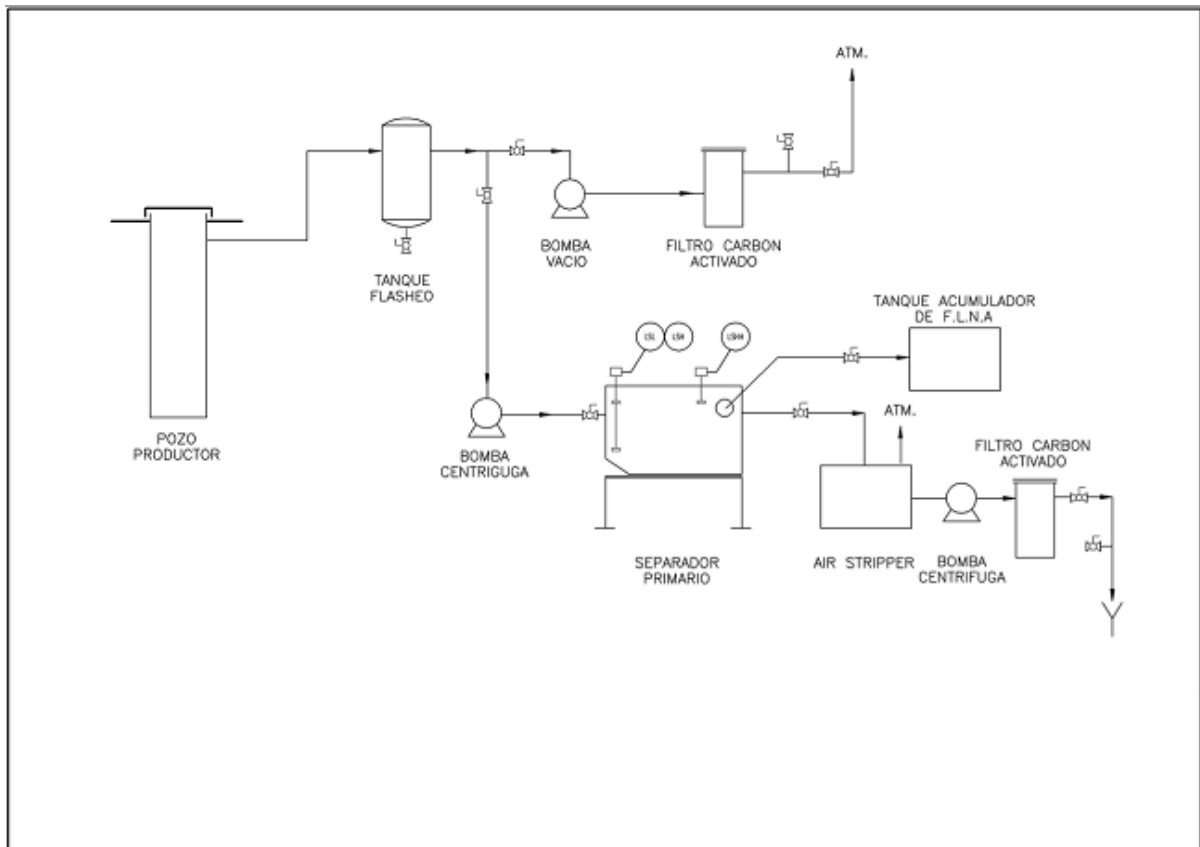


Figura 11: Diagrama del equipo de bioslurping del sitio de estudio.

En 2010 se realizó la instalación del sistema de bioslurping, en la Figura 12 se pueden observar fotografías de los equipos. Como se ha especificado en el marco legal, las actividades de remediación que tengan vuelco de efluentes líquidos están suspendidas por disposición de la entidad que regula el suministro de agua y desagües cloacales. Por lo tanto, si bien este equipo ha sido instalado en 2010 todavía no ha entrado en funcionamiento.

No obstante, para la realización de las mediciones de los gases provenientes del tanque de flasheo se ha puesto en marcha el equipo en forma provisoria 2 veces, acumulando los efluentes extraídos en el stripper. De tal manera, el filtro de carbón activado para el tratamiento de gases se encontraba prácticamente sin uso al momento de realizar las mediciones.



Figura 12: Sistema de remediación

1. Stripper. 2. Separador Skimmer. 3. Filtro de carbón. 4. Tanque de Flasheo.

4.2 VISITA PRELIMINAR

Se realizó la visita preliminar al sitio en la Ciudad de Buenos Aires. En la misma se empleó una lista de comprobación (Tabla 4) para anotar datos clave para la posterior medición de los gases.

Tabla 4: Lista de comprobación para la visita preliminar

VISITA PRELIMINAR		Fecha:
Dirección		
<input type="checkbox"/> Activo	<input type="checkbox"/> Inactivo	<input type="checkbox"/> Erradicación de tanques
Tiempo en remediación		
Tecnología en aplicación		
Descripción del estado de los equipos de remediación		
Ubicación del equipo de tratamiento		
Equipo de tratamiento de gases		
Descripción del entorno		
Observaciones		

En el sitio se identificaron las siguientes características:

- Si era una estación de servicio activa o inactiva.
- Cantidad de pozos de extracción.

- Área de tratamiento con la técnica bioslurping. El recinto donde se encuentra instalado el equipo de remediación se puede observar en la Figura 13.



Figura 13: Recinto donde se alojan los equipos de remediación.

Una vez realizada la visita preliminar al sitio se realizaron las siguientes acciones:

- Recolectar documentación de la historia ambiental del sitio.
- Revisar información respectiva a la remediación llevada a cabo en el sitio.
- Buscar en registros la fuente de contaminación y características del contaminante.
- Definir puntos de muestreo.
- Determinar la tasa de bombeo de los pozos en metros cúbicos por minuto.
- Elaborar croquis de los sitios para demarcar áreas de muestreo.

Fue crítico mantener registros adecuados de los muestreos para poder realizar un correcto análisis de los resultados obtenidos. Esto incluye información detallada del procedimiento: equipos, forma de muestreo y métodos analíticos adoptados.

4.3 MEDICIÓN DE GASES COMBUSTIBLES

Los explosímetros reportan el “Límite más bajo de explosividad” (LEL, Lower Explosive Limit) de un gas inflamable en el aire. Los mismos deben ser apropiadamente calibrados previo a su uso (McDermott; 2004). Se leyó el manual cautelosamente para realizar una adecuada calibración del mismo y mediciones fiables.

La medición de LEL se realizó durante la operación del equipo de remediación en el momento de toma de las muestras. Se empleó un Medidor de Explosividad Modelo EX N° de Serie EX1130 marca ingas. En el mismo se ajustó el 0 en ambiente exterior previa la medición (Véase Figura 14).



Figura 14: Medidor de Explosividad Modelo EX N° de Serie EX1130 marca ingas.

4.4 MEDICIÓN DE CAUDAL

La medición de caudal se llevó a cabo utilizando un caudalímetro digital Marca Testo Modelo 510 (Véase Figura 15). El caudalímetro opera en un orificio en la cañería de venteo el cual permanece sellado excepto al momento de efectuarse la medición de la velocidad de flujo de gases. La velocidad obtenida se multiplica por la sección del caño de venteo y el resultado es el caudal.



Figura 15: Medición de velocidad y Caudalímetro TESTO 510.

4.5 TOMA DE MUESTRAS

En la entrada de gases al carbón activado y en la cañería de venteo (a la salida del filtro) se instaló un port toma muestra, como se observa en la Figura 16 indicado con círculos rojos. Para cada muestreo se encendió el equipo y se dejó estabilizar el sistema durante 20 minutos.



Figura 16: Port toma muestras, a la entrada y salida del filtro

Se armó un conjunto de aguja plástica y jeringa desechables de 60 ml, se introdujo en el port y se extrajeron sucesivos volúmenes de jeringa que fueron inyectados en una bolsa Tedlar® hasta completar $\frac{3}{4}$ del volumen de la bolsa (1 l). Véase Figura 17.

Se realizaron 2 muestreos:

1. En el caño proveniente del tanque de flasheo previa la entrada al filtro de carbón activado.
2. En el tubo de salida de gases del filtro de carbón activado.



Figura 17: Toma de muestra e inyección en la bolsa Tedlar.

Como se observa en la Figura 18, la bolsa se rotuló, se introdujo en una conservadora con hielo para mantener una temperatura no superior a 4 °C y se envió al laboratorio externo con la correspondiente cadena de custodia.



Figura 18: Conservación de las muestras refrigeradas para su transporte al laboratorio.

El día 19 de abril de 2011, a las 15:30 hs., se realizó el muestreo de gases en el equipo de remediación, medición de caudal y mediciones del LEL. Las condiciones del tiempo el día de la medición se pueden verificar en la Tabla 5.

Tabla 5: Condiciones del tiempo 19/04/11
(<http://www.climasurgba.com.ar/diarios.php?fecha=2011-04-19>)

Temperatura	24,1 °C	Viento	29 km/h
Humedad	34 %	Presión	1021 hPa

El día 30 de abril de 2011, a las 09:30 hs, se han realizado muestreo de gases en el equipo de remediación y mediciones del LEL. Las condiciones del tiempo el día de la medición se pueden verificar en la Tabla 6.

Tabla 6: Condiciones del tiempo 30/04/11
(<http://www.climasurgba.com.ar/diarios.php?fecha=2011-04-30>)

Temperatura	21 °C	Viento	5 km/h NE
Humedad	77 %	Presión	1009 hPa

En ambos muestreos se ha realizado la medición de LEL y de caudal, durante la operación del equipo de remediación en el momento de toma de las muestras.

Tiempo de Muestreo: El muestreo tuvo una duración suficiente para cubrir las condiciones medias de operación de la fuente. El tiempo mínimo de muestreo no fue menor a 10 minutos.

Se empleó un blanco de viaje para cada muestreo. Para ello se inyectaron con una aguja plástica desechable sucesivos volúmenes de aire ambiente fuera del recinto donde se encontraba el equipo de remediación en una bolsa Tedlar® hasta completar $\frac{3}{4}$ del volumen de la bolsa (1 l).

El análisis de las muestras se realizó dentro de las 72 horas posteriores al muestreo.

Las muestras fueron enviadas para análisis de BTEX a laboratorio externo: Fix Sudamericana S.A. El análisis de las muestras fue realizado siguiendo el Método USEPA 8260b, utilizado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (USEPA), que se emplea para determinar compuestos orgánicos volátiles mediante Cromatografía Gaseosa/Espectrometría de Masas en variadas matrices. El instrumental empleado fue un Cromatógrafo GC/MS AT 7890 A / AT 5975 C MSD. El límite de cuantificación del equipamiento empleado se puede observar en la Tabla 7.

Tabla 7: Límite de Cuantificación de BTEX para Cromatógrafo GC/MS AT7890 A/AT5975CMSD.

Determinación	Unidades	Límite de cuantificación
Benceno	mg/m ³	0.5
Tolueno	mg/m ³	0.5
Etil-benceno	mg/m ³	0.5
Xilenos	mg/m ³	1

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 VISITA PRELIMINAR AL SITIO

El 01/04/11 se concurrió al sitio escogido para adquirir datos claves que permitieron posteriormente planificar las mediciones a realizar en los equipos de remediación. Se elaboró una planilla de verificación (Tabla 8) para el registro de información relevante y se pudo comprobar que debido a disposiciones de la autoridad del agua, el saneamiento se encontraba suspendido. No obstante, como nunca se había operado el equipo, los decantadores y strippers para la descontaminación de agua previa a su descarga estaban vacíos; por ello se decidió que se podía encender en un futuro el equipo para realizar mediciones y almacenar el agua extraída para no infligir la suspensión.

Tabla 8: Planilla de comprobación de la visita preliminar al sitio el 01/04/11.

VISITA PRELIMINAR		Fecha: 01 de abril de 2011
Dirección	San Juan y Perú. Ciudad de Buenos Aires	
<input type="checkbox"/> Activo	<input checked="" type="checkbox"/> Inactivo	<input checked="" type="checkbox"/> Erradicación de tanques
Tiempo en remediación	Suspendida por disposición de AySA.	
Tecnología en aplicación	Bioslurping	
Descripción del estado de los equipos de remediación		
El equipo de remediación se encuentra en buen estado inserto en un recinto techado. Esta amurado al suelo, rodeado por una batea de contención de derrames.		
Ubicación del equipo de tratamiento	El recinto que contiene el equipo se encuentra sobre la pared medianera que linda con el vecino sobre la calle Perú.	
Equipo de tratamiento de gases	Carbón Activado Granular de 20 kg. Sin Uso.	
Descripción del entorno		
Zona comercial residencial en el centro de la ciudad de Buenos Aires. Área muy transitada, sobre todo por la Avenida San Juan.		
Observaciones		
El equipo se encuentra sin uso, dada la negativa de AySA de otorgar el permiso de vuelco de efluentes.		

5.2 CAUDAL

Las mediciones de velocidad realizadas con el caudalímetro tanto en el caño de entrada como en el caño de salida del filtro de carbón activado se presentan en las Tablas 9 y 10. Asimismo, se calculó el caudal para cada una de las tuberías teniendo en cuenta la velocidad medida y la sección del caño.

Tabla 9: Caudal de gases en cañería de entrada al filtro de carbón.

	Velocidad Medida Entrada (m/s)		Velocidad Promedio Entrada (m/s)	Diámetro caño (cm)	Caudal (m ³ /s)
	Máx	Mín			
19/04/11	5.00	4.60	4.80	6.35	0.015
30/04/11	5.10	4.50	4.80		

Tabla 10: Caudal de gases en cañería de salida del filtro de carbón.

	Velocidad Medida Salida (m/s)		Velocidad Promedio Salida (m/s)	Diámetro caño (cm)	Caudal (m ³ /s)
	Máx	Mín			
19/04/11	2.35	1.85	2.10	10.16	0.017
30/04/11	2.30	1.80	2.05		

Nota: la pequeña diferencia de caudales volumétricos observado entre entrada y salida puede ser explicado como el resultado de dos contribuciones:

- a) una pequeña cantidad de masa del caudal gaseoso es retenida por el filtro de carbón, por lo que a la salida existe una menor densidad de gases que a la entrada, y como $v=m/\rho$ entonces el volumen del gas circulante es en términos relativos algo mayor a la salida que a la entrada, contribuyendo esto al aumento del caudal volumétrico en la salida.
- b) existe un aumento de sección de la cañería de salida respecto a la de entrada, provocando también esto una expansión en los gases circulantes, lo que contribuye a una baja en la densidad de los mismos y por la misma razón que en el punto a) contribuyen a que el caudal volumétrico aumente muy ligeramente

5.3 LÍMITE INFERIOR DE EXPLOSIVIDAD

El explosímetro dio las siguientes lecturas para ambos muestreos en el recinto donde se ubica el equipo de remediación:

- Martes 19/04/11: 60 % LEL.
- Sábado 30/04/11: 70% LEL.

Se ha escogido un límite de 10% de LEL por encima del cual se considera riesgosa una actividad de acuerdo a Rubio Romero (2005). Conforme a las lecturas observadas en el explosímetro al momento de realizar las mediciones en el recinto donde se encuentra el equipo de remediación se puede considerar que la atmósfera era potencialmente explosiva.

Si bien todas las instalaciones eléctricas se encuentran fuera del recinto donde se aloja el equipo remediador, ante este escenario cualquier otra fuente de ignición hubiera provocado un incendio o explosión.

Se presume que existen fugas de gases en las interconexiones de los caños provenientes de los pozos y los equipos de remediación, que son los causantes de los altos valores de explosividad registrados dentro del recinto.

5.4 CONCENTRACIONES DE BTEX

En las Tablas 11 y 12 se pueden observar los resultados de laboratorio de los muestreos de gases realizados el 19 y 30 de abril de 2011 respectivamente. Los protocolos de análisis otorgados por el laboratorio se encuentran en el ANEXO III.

Tabla 11: Resultados analíticos muestreo 19 de abril de 2011.

Muestreo: 19/04/11					
Determinación	Unidades	Límite de cuantificación	Blanco de Viaje	Gas entrada de filtro	Gas salida de filtro
Benceno	mg/m ³	0.5	< 0.5	35.1	< 0.5
Tolueno	mg/m ³	0.5	< 0.5	0.9	< 0.5
Etil-benceno	mg/m ³	0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Xilenos	mg/m ³	1	< 1	< 1	< 1

Tabla 12: Resultados analíticos muestreo 30 de abril de 2011.

Muestreo: 30/04/11					
Determinación	Unidades	Límite de cuantificación	Blanco de Viaje	Gas entrada de filtro	Gas salida de filtro
Benceno	mg/m ³	0.5	< 0.5	90.5	< 0.5
Tolueno	mg/m ³	0.5	< 0.5	33.5	< 0.5
Etil-benceno	mg/m ³	0.5	< 0.5	1.0	< 0.5
Xilenos	mg/m ³	1.0	< 1	58.5	< 1

Si se observan los resultados de laboratorio para el gas de entrada al filtro en ambas mediciones, se puede determinar que hay una gran diferencia entre ambos días, siendo los resultados del segundo muestreo mayores que para el primero. Se entiende que esto se debe a que el equipo no había sido operado previamente, por lo que:

- Durante el primer muestreo los fluidos y gases bombeados desde los pozos llegan al tanque de flasheo que se encontraba sin uso y por el vacío generado por la bomba los gases se dirigen hacia el filtro de carbón.
- Para el segundo día de muestreo, el tanque de flasheo contenía el agua e hidrocarburo extraído con 10 días de antelación, por lo que se suman los gases de la operación del equipo más los gases generados en el tanque de flasheo de los productos que se encontraban allí almacenados.

Como ha sido especificado en el Marco Legal, los resultados obtenidos van a compararse con los límites de emisiones gaseosas establecidos en la normativa alemana: Instrucciones Técnicas para el Control de la Calidad de Aire (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft) y en la legislación argentina a nivel nacional: Decreto N° 831/93 reglamentario de la Ley de Residuos Peligrosos N° 24051. Los parámetros para la comparación se observan en la Tabla 13.

La normativa alemana posee dos limitaciones: flujo másico y concentración másica. Esto indica que se limita la cantidad emitida por tiempo y a su vez que esa cantidad no posea una concentración mayor que la especificada como concentración másica.

Tabla 13: Estándares de emisión escogidos para la comparación de resultados.

	Norma Alemana		Norma Argentina	
	Concentración Másica	Flujo másico	Emisión desde superficie	
	(mg/m ³)	(g/h)	(mg/s)	(g/h)*
Benceno	1.00	2.50	3.50	12.59
Tolueno	--	--	210.00	755.40
Etil-benceno	--	--	--	--
Xilenos	--	--	70.00	251.80
--: No especificado +				
* : Sólo para comparación con norma alemana				

Como se puede observar en las Tablas 11 y 12, no se detectaron compuestos de interés que superen los límites de detección del método para los gases de salida del filtro de carbón activado. Por lo tanto, no se están emitiendo gases que excedan la normativa ambiental vigente en Argentina ni el estándar de emisión alemán escogido para la comparación.

No obstante, cabe recalcar que el equipo de remediación nunca había sido operado por la suspensión que establece la autoridad de agua para la descarga de efluentes de equipos de remediación. En este aspecto, el carbón activado empleado para el tratamiento de los efluentes gaseosos se encontraba sin uso, lo que puede justificar su muy alta eficacia y que, por tal razón, no se estén emitiendo gases a la atmósfera en valores superiores a los límites de detección del método analítico.

Para los resultados analíticos obtenidos en el muestreo de la cañería de gases de entrada al filtro de carbón activado se realizaron los cálculos de emisión en g/h y mg/s para poder hacer las comparaciones con los estándares escogidos. Este análisis se realiza para determinar si, en ausencia de un tratamiento de gases, las emisiones superarían los estándares establecidos en la legislación. Los resultados de los muestreos del 19/04/11 y del 30/04/11 pueden observarse en las Tablas 14 y 15, respectivamente.

Tabla 14: Parámetros de gases en la entrada al filtro de carbón para su comparación con la normativa. Muestreo 19/04/11.

Fecha: 19/04/11	Concentración Másica (mg/m ³)	Flujo másico (g/h)	Emisión desde superficie (mg/s)
Benceno	35.10	1.92	0.53
Tolueno	0.90	0.05	0.01
Etil-benceno	< 0.50	ND	ND
Xilenos	< 1.00	ND	ND
Excede los estándares establecidos en la legislación alemana			

Como se observa en la tabla precedente (Tabla 14) y comparando con los estándares escogidos, no se exceden los límites establecidos en la normativa argentina para ninguno de los compuestos analizados. No obstante, respecto al benceno, se excede la concentración másica establecida en la legislación alemana.

Tabla 15: Parámetros de gases de entrada al filtro de carbón para su comparación con la normativa. Muestreo 30/04/11.

Fecha: 30/04/11	Concentración Másica (mg/m ³)	Flujo másico (g/h)	Emisión desde superficie (mg/s)
Benceno	90.50	4.95	1.38
Tolueno	33.50	1.83	0.51
Etil-benceno	1.00	0.05	0.02
Xilenos	58.50	3.20	0.89
Excede los estándares establecidos en la legislación alemana			

Respecto a las mediciones en los gases de entrada al filtro de carbón activado realizadas el día 30 de abril de 2011 que se presentan en la Tabla 15, no se exceden los límites de emisión establecidos por la normativa argentina. Sin embargo, se excede la concentración másica y el flujo másico de benceno establecido en la normativa de aire alemana (coloreado en naranja).

Respecto al análisis efectuado se pueden hacer varias consideraciones:

- El filtro de carbón activado, si bien no había sido empleado anteriormente, ha demostrado ser efectivo en la remoción de los compuestos de interés. Esto muestra que mediante el uso del GAC no se emiten gases a la atmósfera que excedan los límites establecidos en la normativa de aire argentina ni alemana.

- Dado que el equipo de remediación ha sido operado únicamente para realizar las mediciones y que el filtro de carbón se encontraba sin uso, no se puede concluir que en futuras operaciones del equipo no se emitan gases de hidrocarburos. El carbón sigue adsorbiendo cada vez menos contaminantes hasta alcanzar el punto de saturación y una vez alcanzado no será capaz de seguir reteniendo contaminantes. Por lo expuesto, es necesario el monitoreo de los gases de entrada y salida del filtro para definir la eficiencia del tratador y que éste sea reemplazado cuando los gases a la salida del GAC se acerquen a los límites establecidos en la legislación. El punto de saturación del GAC no puede ser determinado teóricamente ya que en la ficha técnica del carbón (ANEXO II) no se detalla la superficie específica del mismo.
- Si se observan los resultados obtenidos de los muestreos realizados en la entrada de gases al filtro de carbón, se determina que en ninguno de los dos casos se superan los límites establecidos en la legislación argentina. En este sentido, se podría prescindir del uso de un equipo tratador de gases. Sin embargo, en ambos casos se superan los límites establecidos en la legislación internacional escogida para su comparación. Por lo que aquí se abre el interrogante de sí la legislación argentina establece estándares de emisión coherentes.

6. RECOMENDACIONES

Para el caso de atmósferas explosivas debería detectarse exactamente de dónde provienen los gases que generan esta condición ya que se presume de fugas en las interconexiones de los componentes del equipo de remediación dentro del recinto. Es necesario hacer herméticas todas las juntas de las cañerías y la entrada de éstas a los equipos.

Como se ha mencionado en los antecedentes, ya hubo en 2003 un episodio de explosión durante la operación de un equipo de remediación en la Ciudad de Buenos Aires. Por lo expuesto, es un imperativo que estos equipos no generen un riesgo ya que se está operando con gases carburantes que podrían generar una explosión y sobre todo en zonas altamente pobladas como es el caso de estudio.

Por otro lado, en lo referente al tratamiento de gases, es necesario que se monitoree periódicamente la pérdida de eficiencia del filtro de carbón activado durante la operación del equipo. Para ello se propone que se hagan mediciones tanto a la entrada y salida del filtro y con esos datos se realicen gráficos que muestren la eficiencia de retención de compuestos en relación al tiempo y al caudal evacuado. El caudal evacuado será muy importante de monitorear ya que a menor caudal la concentración volumétrica de los gases contaminantes será mayor (dado que la cantidad evaporada depende más de la presión de vapor del contaminante que de la velocidad de flujo del aire que lo arrastra), lo que influirá en la pérdida de eficiencia del filtro en el tiempo.

También podría evaluarse el uso de dos filtros de carbón en paralelo, cuando uno se esté acercando al límite de emisiones establecidos en la legislación, simplemente accionando dos válvulas se cambia el flujo de aire al nuevo filtro. Esto permitirá que no se suspenda la operación del equipo y el reemplazo inmediato del filtro agotado; repitiéndose esta operación cuantas veces sea necesario, sin interrumpir la remediación.

Respecto a este punto, también podrían evaluarse otras técnicas para el tratamiento de gases ya sean materiales más económicos que el carbón como arcillas activadas o la quema de los gases en el venteo.

Más aún, como se ha mencionado en el ítem donde se describieron las características del carbón activado empleado, la empresa remediadora ha comentado que una vez agotado el filtro lo envían a disposición final como residuo peligroso. Esto indica que:

- Los gases en él retenidos serán transferidos a otro medio cuando se disponga en rellenos de seguridad.
- Se podrían evaluar técnicas de desorción y quema de los gases en él retenidos teniendo como ventaja por un lado la transformación de los gases en otros

compuestos menos nocivos como dióxido de carbono y agua y por otra parte la recuperación de ese carbón para su reutilización.

Los gases provenientes del stripper no son tratados ni monitoreados y se evacúan directamente a la atmósfera, por lo que es una fuente fija de emisión que no ha sido considerada y debería evaluarse.

En lo respectivo a la legislación aplicable a nivel nacional en la República Argentina, es recomendable que se actualicen los niveles de emisión de gases, ya que si lo comparamos con los estándares establecidos en la normativa alemana, el argentino es 5 veces superior, es decir, menos restrictivo. A su vez, se debería reglamentar la normativa de aire a nivel local de la Ciudad de Buenos Aires estableciéndose niveles límites de emisión para fuentes fijas.

Asimismo, es necesario que se solucione el conflicto con la Autoridad del Agua AySA para que puedan operar los equipos de remediación en el ámbito de competencia de esta autoridad.

7. CONCLUSIONES

El presente proyecto tiene como objetivo evaluar las emisiones gaseosas y el riesgo de explosividad de la técnica bioslurping en la remediación de estaciones de servicio contaminadas con hidrocarburos.

El sitio de estudio es una ex estación de servicio localizada en el barrio de San Telmo en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires. En ella se encuentra instalado desde 2010 el equipo de remediación bioslurping, que no ha operado dada la suspensión que ha dispuesto la autoridad del agua AySA S.A. sobre el volcamiento de efluentes provenientes de actividades de remediación en los desagües cloacales.

El equipo se encontraba prácticamente sin uso y se ha puesto en funcionamiento en dos ocasiones, para realizar el muestreo de gases a la entrada del filtro de carbón activado y en la chimenea de venteo posterior al tratamiento, así como medir el límite inferior de explosividad en el recinto donde se encontraban los equipos.

Se enviaron las muestras de gases a laboratorio externo para determinación de BTEX y se realizó la comparación de los resultados analíticos con la normativa argentina que establece los límites de emisiones gaseosas y normativa alemana estándar escogida para su comparación.

De acuerdo a los resultados obtenidos, surge claramente que el sistema de tratamiento de gases del equipo evaluado ha sido eficiente en la retención de BTEX, siendo todos los resultados a la salida del carbón activado menores al límite de detección del método. Por lo tanto, no se exceden los parámetros establecidos en la legislación.

Para evaluar si era necesario contar con un sistema de tratamiento de gases, se han comparado los resultados analíticos de los gases de entrada al filtro de carbón con la normativa escogida. De esta forma se pudo determinar que respecto a la legislación argentina, tampoco se superarían los límites de emisión si se prescindiera del uso de un sistema de retención. No obstante, al comparar los resultados con los límites establecidos en los estándares alemanes, se pudo comprobar que eran superados. En este aspecto, cabe aclarar que la normativa argentina es 5 veces más permisible que su par alemana.

Respecto a las mediciones del nivel de explosividad dentro del recinto, se ha corroborado que en ambas mediciones se superaba el nivel de riesgo establecido en la bibliografía.

Por lo expuesto se puede concluir que no se están excediendo los límites de emisión establecidos tanto en la normativa nacional como internacional. Sin embargo, es necesario monitorear la eficiencia de los sistemas de tratamiento de gases empleados durante el período que dure la remediación y verificar las fugas en las interconexiones de los equipos para evitar la existencia de gases combustibles en el recinto donde se encuentra el equipo de remediación para evitar un riesgo de explosión.

8. BIBLIOGRAFÍA

Coria, I. 2007. *Remediación de suelos contaminados con hidrocarburos*. Universidad Abierta Interamericana. Centro de Altos Estudios Globales. Buenos Aires, Argentina. UAIS-IGA.600-001. <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/pdf/ing/UAIS-IGA-600-001%20-%20Remediacion.pdf>. (Revisado 21/06/10)

Ministerio de Trabajo e Inmigración de España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. 2003. *Guía Técnica para la Evaluación y Prevención de los Riesgos Derivados de Atmósferas Explosivas en el Lugar de Trabajo*. Real Decreto 681/2003.

Foster, B. 2008. *The environmental impact of conducting environmental work*. An abbreviated version of this paper was presented at the International MGP Symposium held in Reading, England in April 2006. <http://www.sustainablemediation.org/library/case-studies/> (Revisado el 10/05/10)

Francisca, F. M. 2010. *Comportamiento de limos loessicos contaminados con hidrocarburos estabilizados y solidificados con cemento Portland*. Boletín Geológico y Minero, 121 (2): 131-138 ISSN: 0366-0176.

Gil, M., Harvey, M., Commendatore, M., Colombo, J. C., Esteves, J. L. 1996. *Evaluación de la Contaminación por Hidrocarburos y Metales en la Zona Costera Patagónica*. Informes Técnicos del Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica Nº 21. Puerto Madryn, Argentina. ISSN Nº 0328 – 462X

Hoepfel, R., M.C. Place, C.T. Coonfare, S.H. Rosansky. 1998. *Application Guide for Bioslurping, Vols. I y II*. Technical Memorandum TM-2300-ENV TM-2301-ENV. Naval Facilities Engineering Service Center, Port Hueneme, CA.

Interstate Technology & Regulatory Council (ITCR). 2009. *Evaluation LNAPL Remedial Technologies for Achieving Project Goals*. Technical/Regulatory Guidance. Washington, DC.

McDermott, H.J. 2004. *Air monitoring for toxic exposures*. Second Edition. Wiley-Interscience. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA. ISBN 0-471-45435-4

Piovesán, S. 2004. *La instalación de las Estaciones de Servicio en la Ciudad de Buenos Aires*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Luján. Buenos Aires, Argentina.

Place, M., Hoepfel, R., Chaudhry, T., McCall, S., Williamson, T. 2003. *Application guide for Bioslurping. Principles and practices of Bioslurping. Addendum: Use of pre-pump separation for improved bioslurper system operation*. <http://www.estcp.org/documents/techdocs/CU-9908BioslurperUGuide-final.pdf> (Revisado el 20/03/10)

Rubio Romero, J.C. 2005. *Manual para la Formación de Nivel Superior en Prevención de Riesgos Laborales*. Ediciones Díaz De Santos. España. ISBN 84-7978-700-7.

USEPA. 1997. *Best Management Practices (BMPs) for Soils Treatment Technologies*. EPA530-R-97-007.

USEPA. 1989. *Estimating Air Emissions from Petroleum UST Cleanups*. Office of Underground Storage Tanks. <http://www.epa.gov/oust/pubs/airemiss.pdf> (Revisado el 24/01/11)

USEPA. 1996. *Method 8260B: Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS)*.
<http://www.epa.gov/osw/hazard/testmethods/sw846/pdfs/8260b.pdf>

USEPA. 1999. *Multi-Phase Extraction: State of the Practice*. EPA 542-R-99-004.

USEPA. 2004. *How to Evaluate Alternative Cleanup Technologies for Underground Storage Tank Sites: A Guide for Corrective Action Plan Reviewers*. EPA 510-R-04-002.

USEPA. 2006a. *In situ and ex situ biodegradation technologies for remediation of contaminated sites*. EPA/625/R-06/015.

USEPA. 2006b. *Off-Gas Treatment Technologies for Soil Vapor Extraction Systems: State of the Practice*. EPA-542-R-05-028.

US Army Corps of Engineers. 2002. *Engineer Manual: Soil Vapor Extraction and Bioventing*. EM 1110-1-4001.

U.S. Navy. 2008. *Human Health Risk Assessment Guidance*. Prepared for Naval Facilities Engineering Command and Navy and Marine Corps Public Health Center. Prepared by Pioneer Technologies Corporation. Olympia, WA. <http://www-nmcphc.med.navy.mil/downloads/ep/Chapters%201-12.pdf> (Revisado el 25/03/10)

Sitios WEB

Diario iProfesional www.iprofesional.com

Patricio Eleisegui. 15/03/2009. "Una de cada cuatro estaciones de servicio de Buenos Aires está inactiva o cerca de desaparecer" (<http://www.iprofesional.com/notas/79609-Una-de-cada-cuatro-estaciones-de-servicio-de-Buenos-Aires-esta-inactiva-o-cerca-de-desaparecer.html>) (Consultado el 11/06/2010)

Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires www.buenosaires.gob.ar

http://www.buenosaires.gov.ar/areas/hacienda/sis_estadistico/boletin/buenosaires/distribucion.html (Revisado 04/06/2010)

http://www.buenosaires.gov.ar/areas/hacienda/sis_estadistico/areas_tematicas/dinamica_estructura/index.php (Revisado 04/06/2010)

Federal Remediation Technologies Roundtable (www.frtr.gov)

Remediation Technologies Screening Matrix and Reference Guide, Version 4.0. 4.33
Bioslurping. <http://www.frtr.gov/matrix2/section4/4-35.html> (Revisado el
13/06/2010)

ANEXOS

ANEXO I: PEDIDO DE INFORMACIÓN AMBIENTAL

APRA
REGISTRO N°: 452517
FECHA: 5 MAY 2010

05 de mayo de 2010

AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires
Moreno 1379 - CABA

A quién corresponda:

S/D

Presente

Ref.: Ley N° 303 - Ley de Información Ambiental

De nuestra mayor consideración:

Por la presente y en referencia a la Ley N° 303 de Acceso a la Información Ambiental solicito a Uds. me proporcionen documentación respectiva a las actividades de remediación de las estaciones de servicio en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Mi nombre es María Laura Scian, Argentina, DNI 31852696, Lic. En Ciencias Ambientales y me encuentro realizando una beca de maestría internacional en México y Alemania.

Mi tesis de maestría tiene como objeto evaluar el impacto ambiental de una técnica de remediación de sitios contaminados con hidrocarburos llamada Bioslurping en la Ciudad de Buenos Aires. Por este motivo, solicito a Uds. me proporcionen información respecto a:

- Cantidad de estaciones de servicio activas e inactivas de la Ciudad de Buenos Aires.
- Estaciones de Servicio que cuentan con Certificado de Aptitud Ambiental.
- Estaciones de Servicio que se encuentren en remediación o que ya hayan terminado los trabajos.
- Si es posible, identificar las estaciones de servicio que se encuentren remediando con la técnica Bioslurping.
- Información referente a riesgos asociados a las actividades de remediación, o antecedentes de sucesos que han puesto en riesgo a la población en la Ciudad, como ser la explosión de la Ex Shell ubicada en Av. Santa Fe y Araoz acontecida en 2003.

ES COPIA

Debido a que me encuentro en el exterior, para realizar todas las gestiones necesarias con el presente trámite, autorizo indistintamente a:

Juan Carlos Scian, DNI 10.428.359, jcscian@gmail.com , celular 15-6175-8842 o a,

Guillermo Scian, DNI 29.266.252, guillescian@hotmail.com , celular 15-6378-8390

Para su contacto dirigirse vía email a las direcciones y/o celulares antes citados o al domicilio en que ambos residen, Carabelas 195 Bernal (B1876DGC), Buenos Aires con los teléfonos 011 / 4252 9020 /4259-0493.

El presente pedido se funda en nuestro derecho constitucional a buscar y recibir información previsto, entre otros, por el art. 13.1 de la Convención Americana sobre Derechos Humanos y el art. 14 de la Constitución Nacional Argentina; art. 12 inc. 2 de la Constitución de la Ciudad de Buenos Aires, los arts. 1 y 2 de la Ley de Acceso a la Información Pública (ley nº 104) y la Ley Nº 303 de Información Ambiental.

Quedando a la espera de vuestra respuesta, lo saludo muy cordialmente

María Laura Scian

DNI 31.852.696

maria.scian@gmail.com

Juan Carlos Scian

DNI 10.428.359

jcscian@gmail.com

Guillermo Scian

DNI 29.266.252

guillescian@hotmail.com



"Año 2010 Bicentenario de la Revolución de Mayo"

GOBIERNO DE LA CIUDAD AUTÓNOMA DE BUENOS AIRES

AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL

DIRECCION GENERAL DE EVALUACION TECNICA

El Sistema de Gestión de la Calidad de la DGET ha sido certificado por IRAM

según la norma IRAM-ISO 9001:2000 – R.I. 9000-2420

INFORME N°: 4.887 - DGET - 2010.

C. Registro N°: 452.517-APRA-2010

Buenos Aires, 27 de Mayo de 2010.

MOTIVO: S/ solicitud de acceso a la información Ley N° 303 – Estaciones de servicio.

**JEFATURA DE FORMACION E INFORMACION
AGENCIA DE PROTECCION AMBIENTAL**

Atento a lo solicitado en el registro de la referencia, y en base a las tramitaciones que se encuentran tramitando bajo la órbita de ésta Dirección General de Evaluación Técnica relacionadas con estaciones de servicio, se informa que se encuentran tramitando 399 actuaciones que involucran a estaciones de servicio en funcionamiento y en desactivación.

De estas 399 tramitaciones, se puede mencionar que 86 de ellas han obtenido el Certificado de Aptitud Ambiental en cumplimiento con el procedimiento técnico establecido en la Ley N° 123 y 28 han tramitado la desactivación de la actividad habiéndose elaborado el Informe Técnico Final de Desactivación. Sobre éstas últimas, se pudo determinar que el predio se encontraba en condiciones ambientales aptas para instalar una nueva actividad en el sitio.

Respecto al resto de las tramitaciones, es decir 285, se encuentran en evaluación. De este grupo podemos diferenciar aquellas estaciones de servicio que se encuentran en proceso de remediación (66), las que se encuentran en proceso de desactivación (22) y aquellas que se encuentran pendientes de presentar documentación de carácter general que no se encuentran en remediación ni en proceso de desactivación.

De la base de datos con que cuenta el Departamento de Evaluación de Proyecto Productivos, Estaciones de Servicio y Actividades Relacionas, se pudo obtener la información mencionada anteriormente, no así identificar la metodología de remediación que se están ejecutando en cada uno de los predios donde se desarrollan estos procesos. Sin perjuicio de ello, se puede mencionar que una de las metodologías implementadas es el Bioslurping, entre otras técnicas, dependiendo de las características del sitio a remediar, de las concentraciones de compuestos de interés registradas en el mismo, etc.

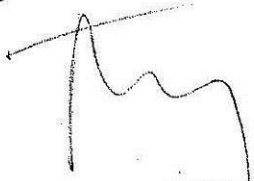
En cuanto a hechos que hayan puesto en riesgo a la población y relacionados con las tareas de remediación, el acontecimiento sucedido en el mes de Enero de 2003 en la estación de servicio de bandera SHELL ubicada en Av. Santa Fe y Araoz, de las inspecciones efectuadas luego del siniestro, se pudo determinar que la explosión se originó en un equipo separador de agua y combustible instalado en la playa de la estación de servicio, el cual se encontraba en funcionamiento en el momento en que el camión cisterna estaba realizando las operaciones de descarga de combustible.

Los riesgos asociados a las tareas de remediación se encuentran condicionados a las medidas de seguridad del sistema y del predio donde se desarrollen estas tareas, el control y monitoreo que aseguren el correcto funcionamiento del sistema.

Al día de hoy, no se han registrado acontecimiento que representen un riesgo sobre la población de la Ciudad de Buenos Aires, en relación al funcionamiento de los sistemas de remediación de los sitios contaminados.

Sin otro particular, saluda atentamente

MSP



HERNAN ALONSO
Director General
Dirección General de Evaluación Técnica
Agencia de Protección Ambiental
Gobierno de la Ciudad de Buenos Aires

ANEXO II: FICHA TÉCNICA DEL CARBÓN ACTIVADO

CLARIMEX CG900

CLARIMEX CG900 es un carbón activado granular producido por la activación de vapor de cascara de coco. Esta calidad se fabrica específicamente para aplicaciones que requieren un alto rendimiento en las columnas de presión. CLARIMEX CG900 es un carbón de uso general granular utilizado en una variedad de aplicaciones, incluyendo la purificación de gases y agua.

Usos: Decoloración de agua, Purificación de gases como hidrógeno, helio, acetileno, monóxido de carbono, entre otros.

Especificaciones del Producto

<u>Especificaciones</u>	
Eficiencia de melaza decolorante	60 min.
% de humedad (envasado)	12 max.
<u>Tamaño - Granulometría</u>	
Mayor tamaño: 4 mm a 4,75 mm	5 max.
Menor tamaño: 2 mm a 2,20 mm	2 min.
Polvo, %	0.40 max.

Propiedades típicas

<u>Propiedades</u>	
pH, extracto de agua	5.0
volumen total de porosidad, ml / g	0.90

Embalaje , transporte y guarda

Embalaje en bolsas de 20 kg / 25 kg.

Paquetes alternativas incluyen bolsas de polipropileno tejido grueso.

Transporte en bateas normales. No requiere acondicionamiento especial.

Las condiciones apropiadas de almacenamiento son en lugares o áreas secas, sin humedad a temperatura ambiente.

 Clarimex S.A. DE C.V. (México)

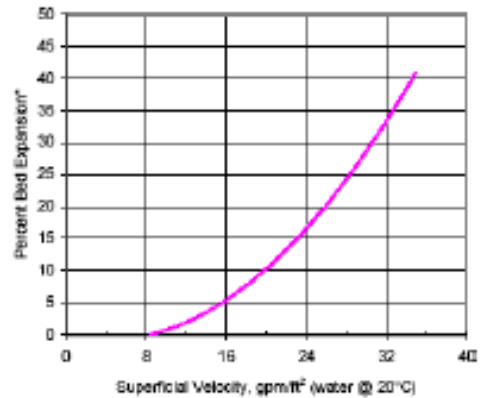
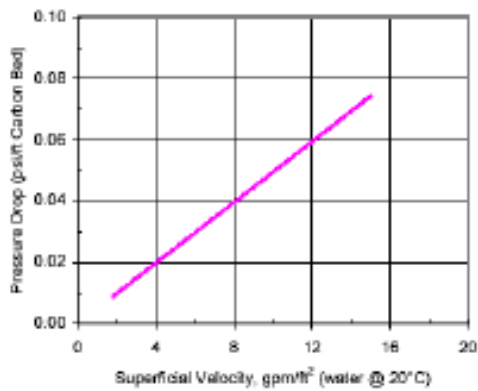
Seguridad: (en uso)

El carbón activo húmedo agota el oxígeno del aire y, por lo tanto, pueden encontrarse niveles bajos de oxígeno. Cada vez que los trabajadores entran en un recipiente que contiene carbón activado, el contenido de oxígeno en el recipiente se debe determinar y seguirse los procedimientos de trabajo para áreas de bajo potencial de oxígeno. Se debe utilizar el equipo adecuado de protección.

Evitar la inhalación de polvo de carbón en exceso. - Son conocidos por estar asociados en el manejo de este material. La inhalación prolongada de altas concentraciones de polvo puede conducir a insuficiencia respiratoria. Use ventilación forzada o una máscara contra el polvo cuando sea necesario para la protección contra la exposición al polvo en el aire.

Datos de Ingeniería

Caída de presión / pérdida de carga



Clatimex S.A. DE C.V (México)

ANEXO III: PROTOCOLOS DE LOS RESULTADOS ANALÍTICOS



Lavalle 1017/21 Don Bosco | CP B1877ADC
Tel: (54-11) 4251.8736/9692 | Fax: (54-11) 4259.1809

PROTOCOLO DE INFORME N° 11000-11232

LAVALLE 1021 – DON BOSCO – PROVINCIA DE BUENOS AIRES

26 DE ABRIL DE 2011

La información incluida en el presente documento fue obtenida en base a las mejores reglas del arte al alcance de FIX Sudamericana S.A. Sin embargo ni FIX Sudamericana S.A. ni su personal asumen responsabilidad alguna sobre el uso o interpretación de los resultados aquí incluidos.
Los resultados aquí informados sólo están relacionados con los ítems ensayados sobre cada muestra en las condiciones en que fueron recibidas en laboratorio.
El presente protocolo de informe no podrá reproducirse en forma total o parcial sin la expresa autorización por parte de FIX Sudamericana S.A.



Organismo
Argentino de
Acreditación

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES E INDUSTRIALES

info@fixsudamericana.com | www.fixsudamericana.com



Lavalle 1017/21 Don Bosco | CP B1877ADC
Tel: (54-11) 4251.8736/9692 | Fax: (54-11) 4259.1809

Protocolo 08019 – 11232

Página 2 de 2

DETERMINACION DE BTEX EN MUESTRAS DE GAS

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS:

Las muestras fueron extraídas por el cliente.

Las muestras ingresan al Laboratorio en fecha: 19/04/2011, identificadas como:

IDENTIFICACION	DESCRIPCION	FECHA DE MUESTREO	OBSERVACIONES
Entrada Filtro	Gas	19-04-2011	-----
Salida Filtro	Gas	19-04-2011	-----
Blanco Viaje	Gas	19-04-2011	-----

DETERMINACIONES SOLICITADAS:

Sobre las muestras se solicitan las siguientes determinaciones:

DETERMINACION	FECHA DE ANALISIS	METODOLOGIA	INSTRUMENTAL EMPLEADO
BTEX	20-04-11	GC/Masa	Cromatógrafo GC/MS AT 7890 A / AT 5975 C MSD

Determinaciones fuera del alcance de la acreditación bajo Norma ISO 17025.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Muestra: GAS Entrada Filtro

Determinación	Unidades	Límite de cuantificación	Resultado
Benceno	mg/m ³	0,5	35,1
Tolueno	mg/m ³	0,5	0,9
Etil-benceno	mg/m ³	0,5	< 0,5
Xilenos	mg/m ³	1	< 1

Muestra: GAS Salida Filtro

Determinación	Unidades	Límite de cuantificación	Resultado
Benceno	mg/m ³	0,5	<0,5
Tolueno	mg/m ³	0,5	< 0,5
Etil-benceno	mg/m ³	0,5	< 0,5
Xilenos	mg/m ³	1	< 1

Muestra: GAS Blanco Viaje

Determinación	Unidades	Límite de cuantificación	Resultado
Benceno	mg/m ³	0,5	<0,5
Tolueno	mg/m ³	0,5	< 0,5
Etil-benceno	mg/m ³	0,5	< 0,5
Xilenos	mg/m ³	1	< 1



Organismo
Argentino de
Acreditación

Braulio Lobato
Braulio Lobato
Técnico Químico
M.N. 149
Fix Sudamericana S.A.

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES E INDUSTRIALES

Info@fixsudamericana.com | www.fixsudamericana.com



Lavalle 1017/21 Don Bosco | CP B1877ADC
Tel:(54-11) 4251.8736/9692 | Fax:(54-11) 4259.1809

PROTOCOLO DE INFORME N° 11000-11262

LAVALLE 1021 – DON BOSCO – PROVINCIA DE BUENOS AIRES

05 DE MAYO DE 2011

La información incluida en el presente documento fue obtenida en base a las mejores reglas del arte al alcance de FIX Sudamericana S.A. Sin embargo ni FIX Sudamericana S.A. ni su personal asumen responsabilidad alguna sobre el uso o interpretación de los resultados aquí incluidos.
Los resultados aquí informados sólo están relacionados con los ítems ensayados sobre cada muestra en las condiciones en que fueron recibidas en laboratorio.
El presente protocolo de informe no podrá reproducirse en forma total o parcial sin la expresa autorización por parte de FIX Sudamericana S.A.



Organismo
Argentino de
Acreditación

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES E INDUSTRIALES

Info@fixsudamericana.com | www.fixsudamericana.com



Lavalle 1017/21 Don Bosco | CP B1877ADC
 Tel:(54-11) 4251.8736/9692 | Fax:(54-11) 4259.1809

Protocolo 08019 – 11262

Página 2 de 2

**DETERMINACION DE BTEX
 EN MUESTRAS DE GAS**

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS:

Las muestras fueron extraídas por el cliente.

Las muestras ingresan al Laboratorio en fecha: 02/05/2011, identificadas como:

IDENTIFICACION	DESCRIPCION	FECHA DE MUESTREO	OBSERVACIONES
Entrada Filtro	Gas	30-04-2011	-----
Salida Filtro	Gas	30-04-2011	-----
Blanco Viaje	Gas	30-04-2011	-----

DETERMINACIONES SOLICITADAS:

Sobre las muestras se solicitan las siguientes determinaciones:

DETERMINACION	FECHA DE ANALISIS	METODOLOGIA	INSTRUMENTAL EMPLEADO
BTEX	05-05-11	GC/Masa	Cromatógrafo GC/MS AT 7890 A / AT 5975 C MSD

Determinaciones fuera del alcance de la acreditación bajo Norma ISO 17025.

RESULTADOS OBTENIDOS:

Muestra: GAS Entrada Filtro

Determinación	Unidades	Límite de cuantificación	Resultado
Benceno	mg/m ³	0,5	90,5
Tolueno	mg/m ³	0,5	33,5
Etil-benceno	mg/m ³	0,5	1,0
Xilenos	mg/m ³	1,0	58,5

Muestra: GAS Salida Filtro

Determinación	Unidades	Límite de cuantificación	Resultado
Benceno	mg/m ³	0,5	<0,5
Tolueno	mg/m ³	0,5	<0,5
Etil-benceno	mg/m ³	0,5	<0,5
Xilenos	mg/m ³	1,0	<1,0

Muestra: GAS Blanco Viaje

Determinación	Unidades	Límite de cuantificación	Resultado
Benceno	mg/m ³	0,5	<0,5
Tolueno	mg/m ³	0,5	<0,5
Etil-benceno	mg/m ³	0,5	<0,5
Xilenos	mg/m ³	1,0	<1,0



[Handwritten Signature]
 Graciela Estro
 Analista Técnico Químico
 N.º 149
 Fix Sudamericana S.A.

LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES E INDUSTRIALES

Info@fixsudamericana.com | www.fixsudamericana.com