

**EVALUACION AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL SUELO Y LAS AGUAS
SUBTERRANEAS FASE I Y FASE II PARA IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS
AMBIENTALES EN UNA ESTACION DE SERVICIO**

EDGAR ANDRES RAMIREZ MANRIQUE

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FISCOQUÍMICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2014

**EVALUACION AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL SUELO Y LAS AGUAS
SUBTERRANEAS FASE I Y FASE II PARA IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS
AMBIENTALES EN UNA ESTACION DE SERVICIO**

EDGAR ANDRES RAMIREZ MANRIQUE

**Monografía para optar al título de
Especialista en Ingeniería Ambiental**

Director

**I.Q. RICHARD DIAZ GUERRERO
Especialista en Ingeniería Ambiental**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FISCOQUÍMICA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN INGENIERIA AMBIENTAL
BUCARAMANGA**

2014

Ni la Universidad Industrial de Santander,
ni los jurados se hacen responsables de
los conceptos expuestos en el presente
documento

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	14
1. GENERALIDADES	16
2. EVALUACION AMBIENTAL FASE I	18
2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDS.....	18
2.2 ACTIVIDAD HISTÓRICA EN EL PREDIO.....	19
2.3 GESTIÓN AMBIENTAL EN LA ESTACIÓN	20
2.3.1 Uso de agua	20
2.3.2 Vertimientos.....	20
2.3.3 Gestión de Residuos.....	21
2.3.4 Uso del suelo	21
2.4 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA ZONA	22
2.4.1 Geología e Hidrogeología general de la zona	22
2.4.2 Receptores sensibles.....	22
2.5 ZONAS DE INTERÉS IDENTIFICADAS	22
3. ESTUDIO AMBIENTAL FASE II	24
3.1 PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA DE SUELO.....	24
3.2 PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MUESTRAS	25
3.3 HALLAZGOS DEL TRABAJO DE CAMPO	27
3.4 RESULTADOS ANALÍTICOS	28
3.5 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NIVELES DE REFERENCIA.....	29
3.5.1 Comparación resultados de análisis de suelos	30
3.5.2. Comparación resultados de análisis de aguas subterráneas	32
3.6 Análisis de resultados	33
4. CONCLUSIONES	36
BIBLIOGRAFIA.....	38
ANEXOS	39

LISTAS DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Hallazgos realizados en el trabajo de campo a las muestras de suelo	27
Tabla 2 Hallazgos realizados en el trabajo de campo a las muestras de agua	28
Tabla 3 Parámetros analizados en muestra de agua y suelo	29
Tabla 4 Valores que sobrepasan norma española para suelos	31
Tabla 5 Valores que sobrepasan norma holandesa para suelos	31
Tabla 6 Valores que sobrepasan LGBR para suelos	32
Tabla 7 Valores que sobrepasan norma holandesa para aguas subterráneas	32
Tabla 8 Valores que sobrepasan LGBR para aguas subterráneas	33

LISTAS DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1 Esquema general de la infraestructura de la EDS	19
Ilustración 2 Ubicación de los puntos de muestreo de suelo y agua subterránea	25

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A Resultados analíticos de las muestras	39

RESUMEN

TITULO: EVALUACION AMBIENTAL DE LA CALIDAD DEL SUELO Y LAS AGUAS SUBTERRANEAS FASE I Y FASE II PARA IDENTIFICACIÓN DE PASIVOS AMBIENTALES EN UNA ESTACION DE SERVICIO.*

Autor: RAMIREZ MANRIQUE, Edgar Andrés**

Palabras Claves: Evaluación ambiental de sitio, Estación de servicio, Pasivo ambiental, suelos, aguas subterráneas.

Los pasivos ambientales son el gasto en dinero que implica la recuperación de áreas que han sido impactadas ambientalmente. En la actualidad las estaciones de servicio para venta de combustibles líquidos para automóviles (EDS de aquí en adelante), son instalaciones que implican un riesgo alto de afectación a la calidad del suelo y las aguas subterráneas debido a los métodos que normalmente se implementan para el almacenamiento de combustible y los escasos controles que se realiza al mantenimiento y vigilancia de los mismos.

Como ejemplo de metodología que podría implementarse para la identificación preliminar de pasivos ambientales se realizó una Evaluación Ambiental de Sitio (Evaluaciones Ambientales Fase I y Fase II) en una estación de servicio en la que se involucran métodos cualitativos y cuantitativos de investigación ambiental. Se realizó la investigación de usos presentes e históricos del suelo en el predio, las actividades que actualmente se están llevando a cabo, el análisis de las zonas con posible riesgo de encontrarse contaminadas y una campaña de muestreo y análisis de suelos y aguas para cuantificar la cantidad de contaminantes que pueden estar presentes en el suelo y las aguas subterráneas.

Se identificó de manera preliminar la existencia de un pasivo ambiental originado por la posible fuga de un tanque de almacenamiento subterráneo de gasolina y la manera en que posiblemente el combustible que ha escapado del tanque pudo estar migrando en el suelo a través de las aguas subterráneas originando una afectación de la calidad del suelo y las aguas subterráneas del predio.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingeniería Físicoquímica, Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Director: Ing. Richard Diaz Guerrero

ABSTRACT.

TITLE: ENVIRONMENTAL QUALITY EVALUATION OF SOIL AND GROUNDWATER PHASE I AND PHASE II ENVIRONMENTAL LIABILITIES FOR IDENTIFICATION IN A SERVICE STATION *.

Author: RAMIREZ MANRIQUE, Edgar Andrés **

Keywords: Environmental Site Assessment, Facilities, Environmental Liabilities, soil, groundwater.

Environmental liabilities are money expense that involves the recovery of an area that has been environmentally impacted. Currently the oil transfer stations , including stations selling liquid fuel motor (hereafter EDS) are facilities that involve a high risk of affecting the quality of soil and groundwater due methods that are usually implemented for storing fuel and lack of control in maintenance and monitoring on this storage systems.

As an example of a methodology that could be implemented for the preliminary identification of environmental liabilities, an Environmental Site Assessment (Environmental Assessments Phase I and Phase II) was performed in a gas station in which qualitative and quantitative methods involve environmental research. Research of present and historical uses of the soil at the site was conducted, the activities currently being carried out, the analysis of areas with potential risk of being contaminated and conducting a campaign of sampling and analysis of soil and water to quantify the amount of contaminants that may be present in soil and groundwater.

It was preliminarily identified the existence of an environmental liability arising from the possible leak of an underground storage tank of gasoline and how possibly escaped fuel tank could be migrating into the soil through groundwater originating an disturbance of the q²uality of soil and groundwater of the site.

* Thesis

** Chemical Enginner School. Enviromental Enginner Especialist. Director: Ing. Richard Diaz Guerrero

GLOSARIO

Evaluación de sitios contaminados: Estudio de la afectación por presencia de sustancias peligrosas de los suelos o las aguas subterráneas situados en un emplazamiento que puede generar riesgos para el medio ambiente y/o la salud humana.

Testigo: Tramo o sección cilíndrica de suelo de aproximadamente 2" de diámetro y 70 cm de largo, tomado de un sondeo

Sondeo: perforación de suelo realizado mediante split spoon o cuchara partida.
Fase libre: presencia de hidrocarburos que se encuentran en una fase separada del agua por ser insoluble en la misma.

Pozo de monitoreo: Sección de tubería instalada en el suelo de forma vertical desde la cual se pueden extraer muestras de agua subterránea.

Canopy: Zona de distribución y venta de combustibles de una estación de servicio.

Valoración cuantitativa de riesgos: metodología de análisis de riesgos para la evaluación de sitios contaminados en la cual mediante modelos informáticos se determinan los efectos que pueden tener las sustancias presentes en un sitio afectado en la salud humana y los ecosistemas y las vías de exposición por las cuales se podría entrar en contacto con estas sustancias.

PCB: Bifenilos Policlorados

TPH: Total Petroleum Hydrocarbons (Hidrocarburos Totales de Petróleo)

PAH: Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos)

BTEX: Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos.

INTRODUCCION

Las evaluaciones ambientales Fase I y Fase II, conocidas en su conjunto como Evaluación Ambiental de Sitio, son metodologías establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en ingles), normalizada por la American Society for Testing Materials (ASTM) en las normas ASTM E1527 para las evaluaciones ambientales Fase I y E1903 para las evaluaciones Fase II, para la identificación y cuantificación preliminar de los posibles pasivos ambientales que pueden existir en un predio. Estas metodologías consisten en la realización de investigaciones sistemáticas del predio que tienen como fin el de identificar áreas con probable riesgo de encontrarse contaminadas de acuerdo a la recolección y análisis de información cualitativa y cuantitativa de la zona a investigar.

Se ha realizado la evaluación ambiental de sitio para una estación de servicio de combustible con el fin de realizar la identificación y cuantificación preliminar de pasivos ambientales derivados de posibles fugas de los sistemas de almacenamiento y distribución de combustibles instalados en la estación de servicio (de aquí en adelante EDS). Para este trabajo se realizó una evaluación cualitativa (Fase I) en la cual se lleva a cabo una visita de inspección al predio para la identificación de condiciones que puedan ser potenciales generadoras de pasivos ambientales, una revisión documental ambiental del predio y de la EDS que permite hacer un reconocimiento de la gestión ambiental llevada a cabo en el sitio históricamente y en la actualidad. Posteriormente y en base a los resultados de la Fase I, se realiza una evaluación cuantitativa (Fase II), que a través de la toma y el análisis de muestras de suelos y aguas subterráneas permite identificar la presencia de sustancias contaminantes que puedan estar afectando la calidad de estas matrices y que por consiguiente posiblemente puedan estar generando pasivos ambientales.

El presente documento tiene como propósito mostrar a manera de ejemplo el desarrollo de esta metodología como primer paso para la gestión integral de los pasivos ambientales en zonas que por la naturaleza de las actividades que allí se desarrollan o desarrollaban pueden estar involucradas por estos temas, como es el caso común de las EDS.

1. GENERALIDADES

La evaluación ambiental de sitio aquí presentada se lleva a cabo en una EDS localizada en la ciudad de Villavicencio, contemplando los aspectos ambientales relacionados con la presencia de pasivos ambientales, derivados de una fuga de producto existente, una fuga de producto antigua, o una amenaza material de liberación de sustancias peligrosas o productos derivados del petróleo en el suelo, aguas subterráneas, aguas de superficie o en estructuras dentro del predio en el cual se encuentra ubicada y analizando la influencia en la cual la gestión ambiental que se haya dado actual e históricamente en este lugar pueda tener sobre receptores ambientales cercanos que puedan ser sensibles a los impactos negativos que se puedan haber generado.

Para el desarrollo de este estudio, se ha realizado una recopilación de la información primaria y secundaria relacionada con la situación ambiental del predio. Asimismo se han tenido en cuenta las actividades que se realizaron históricamente en predios vecinos, que pudieran afectar los suelos del predio en evaluación.

El objetivo de los trabajos es realizar una evaluación medioambiental del predio, con el fin de determinar el estado de situación de la calidad de los suelos y aguas subterráneas del mismo, detectar en su caso afectaciones existentes originadas por las actividades que se han venido llevando a cabo en el lugar.

El estudio ha sido realizado de acuerdo al estado actual de la normatividad en Colombia. Teniendo en cuenta la no existencia de normas específicas para la determinación de un suelo contaminado, se han empleado normas y guías existentes en otros países, que se utilizan habitualmente para la evaluación medioambiental de suelos y aguas en Colombia. En concreto se han utilizado

:

- Manual técnico para la ejecución de análisis de riesgos para sitios de distribución de derivados de hidrocarburos, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.
- Circular de 2009 de la normativa holandesa para la remediación de suelos y aguas subterráneas.
- Real Decreto 9 de 2005 de la normativa española para la remediación de suelos contaminados.

2. EVALUACION AMBIENTAL FASE I

2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA EDS

La EDS objeto de este análisis se encuentra en un predio localizado en una zona rural de los alrededores de la ciudad de Villavicencio. La misma cuenta con un área de 1500 m² en el cual se ubica su infraestructura, la cual es descrita a continuación:

- Zona de tanques subterráneos: en la estación se ubican tres tanques para el almacenamiento de combustible (diésel, gasolina corriente y gasolina extra respectivamente en cada uno de los tanques) ubicados a 1,5 m de la superficie desde su parte superior. El fondo de los mismos se encuentra a 7 m de profundidad. La capacidad de los tanques es de 10.000 galones para los de almacenamiento de diésel y gasolina corriente y de 5.000 galones para almacenamiento de gasolina extra. En la zona se encuentra instalada una red piezométrica, compuesta por tres pozos de monitoreo, que triangulan la ubicación de los tanques. Estos piezómetros se encuentran a 9 m de profundidad.
- Canopy: en la zona de venta de combustible se ubican 4 islas para el surtido de combustible, cada una con sistema de tuberías subterráneos que trasiega el combustible desde los tanques de almacenamiento hasta los surtidores.
- Zona administrativa y Baños: se compone de un cuarto acondicionado a modo de oficina donde se realizan labores administrativas de la EDS y 2 baños para los clientes de la estación. Junto a estos se encuentra una planta eléctrica conformada por transformadores secos.

Las fotografías satelitales revisadas para el sitio así como las fotografías aéreas tomadas en el lugar en épocas anteriores a su construcción que fueron consultadas demuestran que en el sitio no se desarrollaron actividades industriales o residenciales. A su vez se muestra como una zona donde hubo presencia en su totalidad de pastos y demás cobertura vegetal. No se denota en las fotografías ningún tipo de hallazgo que pueda indicar la existencia y/o el uso histórico de sustancias peligrosas en la zona.

2.3 GESTIÓN AMBIENTAL EN LA ESTACIÓN

2.3.1 Uso de agua

La EDS se encuentra conectada a un acueducto veredal del cual hace una captación de aproximadamente 1 m³ de agua mensual, la cual se encuentra autorizada por la administración de acueducto. El agua es usada únicamente para servicio de baños para el personal y los clientes de la estación. Cabe señalar la existencia de un pozo de aguas subterráneas existente en un predio aledaño a la estación del cual se hace aprovechamiento para riego de pastos. Este pozo pertenece al dueño de un predio aledaño y se encuentra a 150 m de la EDS. Según información suministrada por el capataz de esta finca, el pozo se usa con una frecuencia baja.

2.3.2 Vertimientos

La estación posee un sistema de conducción de aguas lluvias que consta de un canal perimetral que hace la recolección y conducción del agua de escorrentía hasta un desarenador y una trampa de grasas cuyo afluyente es conducido por un canal de descarga que vierte estas aguas a una quebrada localizada a 450 m de la estación.

Así mismo las aguas residuales generadas del uso de los baños son conducidas por tuberías subterráneas hasta un sistema de tratamiento con cámara de sedimentación, tratamiento anaerobio, y cámara de aireación. El efluente de este sistema de tratamiento es conducido por tubería hasta un punto de descarga en la quebrada anteriormente mencionada.

De acuerdo a las apreciaciones hechas sobre la documentación consultada, los dos vertimientos generados en la EDS, se encuentran con autorizados por la corporación ambiental regional con jurisdicción en la zona y los informes de monitoreo de los mismos reflejan cumplimiento de los parámetros de calidad de aguas de acuerdo al Decreto 1594 de 1984.

2.3.3 Gestión de Residuos

Los residuos generados en la EDS son principalmente ordinarios (papel, cartón, plástico, vidrio, y orgánicos) y peligrosos conformados principalmente por trapos y material impregnado de combustibles producto de las actividades de recarga de los tanques de almacenamiento. La recolección y disposición de residuos ordinarios es realizada por la empresa de aseo municipal de la ciudad, quienes tienen una frecuencia de recolección de dos días a la semana. Los residuos peligrosos se disponen mediante un gestor autorizado quien hace incineración del material. En la EDS no se detectó presencia de otros tipos de residuo peligroso cuya disposición pudiera considerarse como pasivo ambiental, como es el caso de material de asbesto o material contaminado con PCB's.

2.3.4 Uso del suelo

De acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial del municipio, el predio donde se localiza la EDS se encuentra en un área clasificada como suburbana. Se pudo

constatar en documentos de la EDS que se tiene aprobación por parte de la autoridad para el desarrollo de las actividades de venta y comercialización de combustible líquido en esa zona.

2.4 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE LA ZONA

2.4.1 Geología e Hidrogeología general de la zona

La ciudad de Villavicencio se encuentra dentro de una zona con predominancia de cantos rodados y depósitos aluviales y sedimentarios que varían de profundidad dependiendo de la zona en que se encuentre (Villavicencio, 2013), esto hace a los suelos de la zona bastante permeables. La misma permeabilidad de la zona y la gran disponibilidad hídrica hace que el nivel freático se encuentre en profundidades muy superficiales y en algunas zonas hasta los 10 m.

2.4.2 Receptores sensibles

Como se ha mencionado en la zona de influencia de la estación, que para este estudio se ha considerado como un área a 500 m a la redonda del centro geográfico del predio, se localizan fincas cuya principal actividad es la cría de ganado bovino. Estos lugares hacen uso del agua principalmente en las actividades agrícolas que allí se desarrollan y sus captaciones son realizadas en la quebrada que pasa dentro del área de influencia de la EDS,

2.5 ZONAS DE INTERÉS IDENTIFICADAS

De acuerdo a la información secundaria revisada y a los hallazgos realizados en la inspección al lugar, se determinó que el área de mayor interés identificada para el propósito de este estudio es la zona de tanques subterráneos debido a la

naturaleza de su funcionamiento y el riesgo intrínseco que estos poseen de generar pasivos ambientales derivados a posibles fugas de combustible.

No se detectaron demás zonas donde se pudiera deducir un riesgo de afectación por el uso de sustancias peligrosas ni de actividades actuales o históricas que pudieran estar relacionadas con la manipulación de las mismas.

3. ESTUDIO AMBIENTAL FASE II

De acuerdo a las observaciones realizadas en el análisis de información en la fase I del estudio, se ha identificado como una zona con potencial para la presencia de pasivos ambientales los alrededores de la zona de tanques subterráneos. En este sentido, se realizó la caracterización de los alrededores de la zona de tanques tomando muestras de agua subterránea de los pozos de monitoreo instalados en la zona y muestras de suelo realizadas en puntos seleccionados de acuerdo al posible sentido de las aguas subterráneas y a la topografía del lugar.

3.1 PUNTOS DE TOMA DE MUESTRA DE SUELO

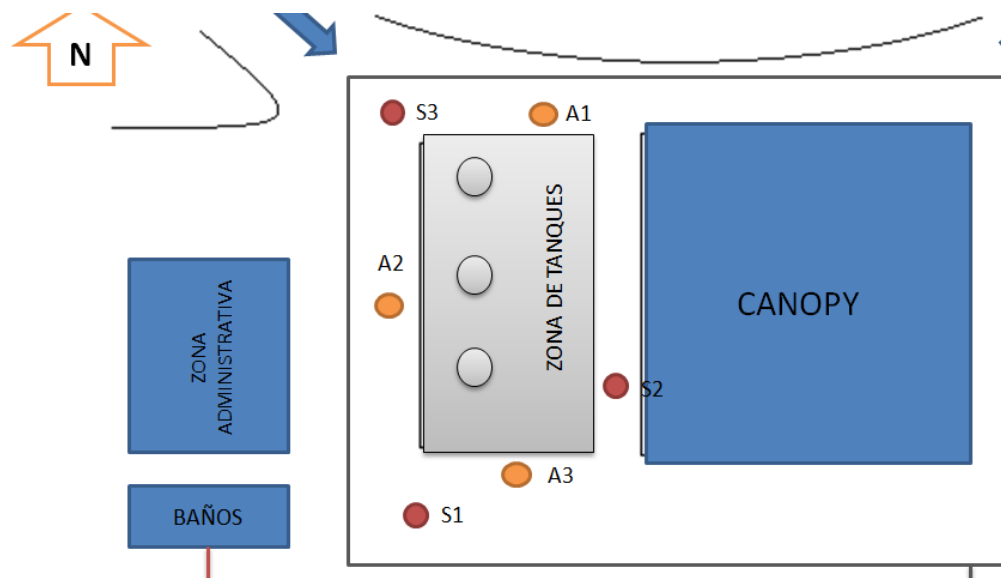
Se seleccionaron tres puntos dentro del predio, cercanos a la zona de tanques, para hacer el análisis de calidad del suelo. La ubicación de estos puntos fue determinada mediante el análisis de la cercanía a cuerpos de agua superficiales y medidas de nivel freático en los pozos de monitoreo instalados en el predio de lo cual puede suponerse una posible dirección del flujo de aguas subterráneas. Se identificó que por la situación geográfica en la que se encuentra el predio, la presencia de una quebrada con gran oferta hídrica en las cercanías del mismo en el costado sur y las diferencias de nivel de agua en los piezómetros, el sentido de flujo probable de agua subterránea es de norte - sur

Este hallazgo permite identificar que existen pozos de monitoreo que se encuentran aguas arriba y aguas abajo de la zona de tanques, lo que es propicio para el estudio ya que de esta manera se puede identificar claramente si existe contaminación de las aguas ocasionada por la presencia de los mismos. Los puntos de muestreo de suelo se ubican teniendo en cuenta el criterio anteriormente descrito, por lo cual se ubican dos puntos aguas abajo y uno aguas arriba.

De acuerdo a las medidas de los niveles freáticos de los pozos de monitoreo, que se encontraban entre los 6 y 6,5 m, y teniendo en cuenta que en la época en la que se realizó el estudio era época seca, se propuso realizar los sondeos y el muestreo de los mismos hasta una profundidad no mayor de 4 m.

Para efectos de nomenclatura, los puntos donde se realizaron sondeos y de donde se tomaron muestras de suelo se identificaron con la letra S y los puntos en los que se encuentran los pozos de monitoreo, donde se tomaron las muestras de agua, se identificaron con la letra A, tal y como se muestra en la Ilustración 2.

Ilustración 2 Ubicación de los puntos de muestreo de suelo y agua subterránea



3.2 PROCEDIMIENTO PARA TOMA DE MUESTRAS

Para realizar la toma de muestras de suelo se realizaron las siguientes actividades:

1. Delimitación del área de interés a investigar.

2. Despeje de áreas para la identificación de estructuras subterráneas (como redes de saneamiento, redes de drenaje, redes eléctricas) que pudieran existir bajo el área de interés en base a información consultada.
3. Ejecución de sondeos con percutor manual para la extracción de testigo en continuo (muestra inalterada de suelos).
4. Mediciones con equipo detector de gases cada 2 metros de testigo recuperado, para identificar la presencia de compuestos orgánicos en los suelos y su profundidad.
5. Descripción de la columna litológica donde se registra además las características organolépticas de las muestras.
6. De acuerdo a las características en las que se encuentre el testigo (olores, manchas de sustancias) y la profundidad a la que se desee tomar la muestra, se selecciona el tramo que se desee analizar, envasándolo en frascos de vidrio y refrigerando a no más de 4°C para su posterior envío al laboratorio. Se tomaron dos muestras a diferentes profundidades por cada sondeo realizado.

El procedimiento ejecutado para la toma de las muestras de agua fue el siguiente:

1. Mediciones con detector de gases en boca de piezómetro para identificación de la presencia de compuestos orgánicos.
2. Control de presencia de fase libre mediante sonda de medición de interfase.
3. Se lleva a cabo la determinación del nivel freático de los piezómetros ejecutados, después de un periodo de estabilización, mediante una sonda de medición de nivel freático.
4. Antes de la toma de muestra se procede al desarrollo del piezómetro, realizando una extracción de aguas de al menos 5 veces el volumen almacenado en el piezómetro. La toma de muestra de agua se realiza mediante bailer desechable. Desde el bailer, el agua se pasa directamente a los recipientes preparados por el laboratorio de análisis.

5. Medición de los siguientes parámetros in situ: pH, temperatura, conductividad
6. Disposición de las muestras en frascos de vidrio preparados con conservantes para el análisis de sustancias derivadas de hidrocarburos.
7. Refrigeración de las muestras.

3.3 HALLAZGOS DEL TRABAJO DE CAMPO

Para cada una de las perforaciones hechas se realizó la caracterización de la litología de los puntos hasta 4 m de profundidad. En estos puntos se pudo comprobar la existencia de cantos rodados y gravas a profundidades que iban aproximadamente desde 1 m hasta 2 m de profundidad. La predominancia de las arenas y arenas limosas a profundidades mayores también se pudo constatar.

Los hallazgos realizados a los testigos de suelo obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1 Hallazgos realizados en el trabajo de campo a las muestras de suelo

Punto de muestreo	Muestras recolectadas ³	Litología	Hallazgos
S1	S1-200 S1-400	Presencia de rellenos gravosos hasta 0,8 m Cantos rodados hasta 1,8 m Arena hasta 4 m	Se detecta la presencia de olores leves a hidrocarburos a partir de los 2 m, que se hacen más intensos a medida que se profundiza. No se detecta presencia de manchas o coloración sospechosa en los testigos ni fase libre de hidrocarburos. VOC's (2 m): 0,6 ppm VOC's(4 m): 54 ppm
S2	S2-200 S2-400	Presencia de rellenos gravosos hasta 0,7 m Cantos rodados hasta 2 m Arena hasta 3,8 m	Se detecta olor fuerte a hidrocarburos a partir de 1,5 m. el olor se hace más intenso a medida que se profundiza. Se detecta la presencia de

³ Las muestras son codificadas indicando en el primer término el código del punto de muestreo (S1, S2 o S3) y en el segundo término la profundidad a la que se encontraba la muestra en centímetros.

		Arena limosa hasta 4 m	manchas de hidrocarburos en el testigo desde 3,5 a 3,8 m.. VOC's (2 m): 63 ppm VOC's(4 m): 254 ppm
S3	S3-220 S3-400	Presencia de rellenos gravosos hasta 0,7 m Cantos rodados hasta 2,2 m Arena hasta 4 m	Se detectan olores leves a hidrocarburos a 2,5 m que se mantienen hasta el final de la testificación. No se detecta presencia de manchas o coloración sospechoso en los testigos ni fase libre de hidrocarburos. VOC's (2 m): 0,2 ppm VOC's(4 m): 13 ppm

Las observaciones hechas a las muestras de agua tomadas en los pozos de monitoreo se recogen en la Tabla 2, donde se incluyen los resultados de los análisis in situ realizados a cada muestra.

Tabla 2 Hallazgos realizados en el trabajo de campo a las muestras de agua

Muestra	Nivel freático (m)	Temperatura (°C)	pH	Conductividad (µS/cm)	Observaciones
A1	6,13	22,3	6,8 7	554	Ninguna de las muestras presenta olores o presencia de fase libre de hidrocarburos.
A2	6,22	21,7	6,9 6	675	
A3	6,34	22,1	6,9 3	592	

3.4 RESULTADOS ANALÍTICOS

Las muestras de suelo y agua subterránea tomadas fueron analizadas en laboratorios que cuentan con acreditación del IDEAM⁴ para los parámetros de interés, los cuales se listan a continuación:

⁴ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia

Tabla 3 Parámetros analizados en muestra de agua y suelo

PARÁMETROS	COMPUESTOS
Hidrocarburos Totales de Petróleo – TPH	TPH (C10-C12) TPH (C12-C16) TPH (C16-C21) TPH (C21-C30) TPH (C30-C35) TPH (C35-C40) TPH Suma (C10-C40)
BTEX	Benceno Xilenos Tolueno Etilbenceno
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos – HAP	Naftaleno Acenaftileno Acenafteno Fluoreno Fenantreno Antraceno Fluoranteno Pireno Benzo(a)antraceno Criseno Benzo(b)fluoranteno Benzo(k)fluoranteno Benzo(a)pireno Dibenzo(ah)antraceno Benzo(ghi)perileno Indeno(123cd)pireno
Metales pesados	Plomo

Los resultados del análisis de las muestras tanto de agua subterránea como de suelo son presentados en el Anexo A

3.5 COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON NIVELES DE REFERENCIA

Los resultados analíticos obtenidos se compararon con niveles de referencia de normas nacionales e internacionales, como una forma indicativa de las concentraciones mínimas en procesos de descontaminación de suelos o aguas subterráneas a partir de las cuales se recomendaría realizar la valoración cuantitativa de riesgos que evalúe los riesgos que podrían generar estas sustancias a la salud humana o al medio ambiente. Estos niveles de referencia

están basados en estudios sobre la influencia de la presencia de este tipo de sustancias tanto en el agua como en el suelo en la salud humana y el deterioro de los ecosistemas y son reglamentados de acuerdo a los criterios gubernamentales de cada país. Para este caso las referencias nacionales e internacionales tenidas en cuenta para la comparación son:

- Manual técnico para la ejecución de análisis de riesgos para sitios de distribución de derivados de hidrocarburos, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.
- Circular de 2009 de la normativa holandesa para la remediación de suelos y aguas subterráneas.
- Real Decreto 9 de 2005 de la normativa española para la remediación de suelos contaminados.

Las comparaciones han sido realizadas para las familias de compuestos TPH, BTEX, HAP y el metal plomo.

3.5.1 Comparación resultados de análisis de suelos

Valores de referencia de la norma española

El real decreto 9 de 2005 del gobierno español establece los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados y contiene el listado de las concentraciones mínimas por las cuales se puede determinar un emplazamiento como contaminado de acuerdo al uso del suelo, industrial, urbano o los denominados “otros usos”. En este caso en particular debido a que el uso que se le está dando al suelo en la estación es industrial, pero el área donde se encuentra el predio está clasificada como uso suburbano donde se realizan actividades de tipo agrícola, se realiza la comparación con los niveles reportados para “Otros

Usos” debido a que son los niveles de referencia más restrictivos reportados en la norma. Los resultados de la comparación son los siguientes:

Tabla 4 Valores que sobrepasan norma española para suelos

PARÁMETRO	Unidades	Norma R.D. 9/2005 (España) “Otros Usos”	MUESTRA		
			S1-400	S2-200	S2-400
TPH	mg/kg ms	50	340	2700	9300
Benceno	mg/kg ms	1,1	1,1	19	240
Tolueno	mg/kg ms	32	-*	27	650
Etilbenceno	mg/kg ms	2	-	-	30
Xilenos (sum)	mg/kg ms	17	-	68	900
Benzo(a)pireno	mg/kg ms	0,02	0,031	0,027	0,036

*Los campos indicados de esta manera corresponden a concentraciones que no superan los niveles de referencia.

Valores de referencia de la norma holandesa

Se compararon los resultados obtenidos con los valores límite de intervención establecidos en “Soil Remediation Circular 2009” de Holanda, en el cual se establecen los valores de intervención que son indicativos de la afectación significativa del suelo y a partir de los cuales se recomendaría una valoración cuantitativa de riesgos. Los resultados de la comparación se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5 Valores que sobrepasan norma holandesa para suelos

PARÁMETRO	Unidades	Circular 2009 (Holanda) – Valores de intervención	MUESTRA	
			S2-200	S2-400
Benceno	mg/kg ms	1,1	19	240
Tolueno	mg/kg ms	32	27	650
Xilenos (sum)	mg/kg ms	17	68	900

Valores de referencia Colombianos

El Manual Técnico para la ejecución de análisis de riesgos para sitios de distribución de derivados de hidrocarburos, del Ministerio Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial, hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, reporta los límites genéricos basados en riesgos (LGBR) de acuerdo al uso del suelo industrial/comercial y residencial/agrícola. Los niveles de referencia que se utilizaron en la comparación son los reportados para uso residencial/agrícola, cuyos resultados se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6 Valores que sobrepasan LGBR para suelos

PARÁMETRO	Unidades	LGBR	MUESTRA			
			S1-200	S1-400	S2-200	S2-400
TPH	mg/kg ms	104	-	340	2700	9300
Benceno	mg/kg ms	0,034	0,079	1,1	19	240
Tolueno	mg/kg ms	12	-	-	27	650
Etilbenceno	mg/kg ms	13	-	-	-	30
Xilenos (sum)	mg/kg ms	210	-	-	-	900

3.5.2. Comparación resultados de análisis de aguas subterráneas

Valores de referencia de la norma holandesa

Los valores de intervención para aguas subterráneas reportados en la citada norma fueron utilizados para realizar la comparación de los resultados de análisis de aguas subterráneas. Los valores que superan los niveles de referencia se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7 Valores que sobrepasan norma holandesa para aguas subterráneas

PARÁMETRO	Unidades	Circular 2009 (Holanda) – Valores de intervención	MUESTRA
			A3
Benceno	mg/kg ms	30	98

Valores de referencia Colombianos

Los LGBR reportados en la referencia colombiana⁵ se encuentran clasificados de acuerdo a tres diferentes criterios que están definidos en el manual citado de la siguiente manera:

- Solubilidad: concentración mínima a la cual se comienza a formar fase libre en el agua.
- Maximum Contaminant Level (MCL): Concentración máxima permitida por la US-EPA⁶ a la cual puede generarse efectos nocivos a la salud humana o al ambiente por contacto directo con el agua.
- Uso de agua subterránea: Concentración mínima a la cual puede generarse efectos nocivos al medio ambiente o a la salud humana de acuerdo al uso del suelo sin importar el uso del agua subterránea.

Se eligió como criterio más adecuado a la situación del sitio el MCL, ya que presenta los niveles de referencia en base al contacto con el agua contaminada independientemente de su uso o si ha alcanzado concentraciones que puedan generar fase libre. Los resultados de la comparación son los siguientes:

Tabla 8 Valores que sobrepasan LGBR para aguas subterráneas

PARÁMETRO	Unidades	LGBR	MUESTRA	
			A2	A3
Benceno	mg/kg ms	5	10	98

3.6 Análisis de resultados

⁵ Manual técnico para la ejecución de análisis de riesgos para sitios de distribución de derivados de hidrocarburos, del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia

⁶ US-EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

A partir de los hallazgos realizados en la investigación Fase I, se procede a caracterizar cualitativamente el área encontrando presencia de hidrocarburos en las muestras tomadas en un suelo de permeabilidad alta. La cuantificación de las sustancias de interés en el suelo permitió identificar la presencia de sustancias derivadas de hidrocarburos en concentraciones significativas en las muestras S1-400, S2-200 y S2-400 cuya ubicación se encuentra aguas abajo en el sentido hipotético de flujo de aguas subterráneas. Teniendo en cuenta que las muestras recolectadas del punto S3, ubicado aguas arriba de la zona de almacenamiento de combustible, no muestran presencia de las sustancias analizadas, puede inferirse que existe un foco de contaminación en la zona de almacenamiento de combustible, que puede estar asociado a un fuga en un tanque y que está liberando este tipo de sustancias al suelo.

De acuerdo a las concentraciones detectadas en las muestras, el combustible se encuentra migrando en sentido norte – sur con predominancia hacia el suroriente, de acuerdo al flujo que están llevando las aguas subterráneas que pasan por la zona. Por las características de los cortes de hidrocarburos detectados en el suelo y en el agua, que corresponden principalmente a cadenas carbonadas menores a C16 y la presencia significativa de BTEX, se puede inferir en que la fuga es de gasolina por lo cual la fuga debe situarse en uno de los tanques donde se está almacenando este combustible.

Las observaciones sobre la ausencia de fase libre en los pozos de monitoreo aun cuando se detectan manchas de hidrocarburos en el suelo, pueden asociarse a que la fuga por la cual se encuentra escapando gasolina al ambiente haya sido detectada y eliminada en el pasado, por lo cual el combustible liberado que alcanzó el nivel freático pudo haber migrado e impregnado suelo, transfiriéndose del agua y reduciendo gradualmente la capa de fase libre.

Las sustancias que superan los niveles de referencia tanto en suelos como en aguas son principalmente derivados de la gasolina como el Benceno, Tolueno, Etilbenceno y la familia de los Xilenos. Esto indica que la concentración a la que se encuentra estas sustancias en el suelo o el agua podría generar un riesgo de afectación a cualquier receptor ambientalmente sensible que pueda entrar en contacto con ellos.

4. CONCLUSIONES

La Evaluación Ambiental Fase I permitió hacer un reconocimiento preliminar del área identificando las características de los aspectos relevantes a la identificación de pasivos ambientales, haciendo una revisión primaria y secundaria, actual e histórica del predio, donde no se identificaron actividades históricas que pudieran haber generado algún riesgo de afectación a los suelos o a las aguas subterráneas.

Tampoco se encontraron hallazgos en la gestión ambiental de la EDS que permitan identificar situaciones que estén impactando la calidad del suelo o el agua. Sin embargo, inherente a la misma actividad de almacenamiento de combustibles se presenta el riesgo de la existencia de pasivos ambientales por lo que se considera la zona de almacenamiento de combustibles la única área de interés para el estudio.

La investigación Fase II permitió identificar la presencia de sustancias contaminantes en el suelo y en el agua subterránea que suponen de la existencia de un pasivo ambiental en la zona de almacenamiento de tanques de la EDS investigada que pudo deberse a una fuga de producto en alguno de los tanques de almacenamiento de gasolina.

Para realizar la determinación detallada del alcance de la contaminación en el lugar, se hace necesario realizar un estudio hidrogeológico local que permita interpretar de manera más precisa el sentido del flujo del agua subterránea en la zona con el fin de conocer la dirección en la cual puede estar migrando la contaminación. Es necesario tomar una mayor cantidad de muestras cuyas localizaciones pueden estar orientadas por el sentido de la migración de las sustancias contaminantes con el fin de delimitar la pluma de contaminación. Así

mismo, es necesario realizar una valoración cuantitativa de riesgos (Evaluación Ambiental Fase III) que permita identificar los riesgos asociados a la presencia de esas sustancias en el suelo y el agua y las medidas a tener en cuenta para plantear alternativas de recuperación de las zonas afectadas.

BIBLIOGRAFIA

Ambiente, M. d. (1999). *Guía de Manejo Ambiental para Estaciones de Servicio de Combustible*. Bogotá, Colombia.

Enviroment, M. o. (2009). *Soil Remediation Circular 2009*. Recuperado el 2 de 05 de 2014, de <http://rwsenvironment.eu/subjects/soil/legislation-and/soil-remediation/>

Materials, A. S. (2002). *ASTM E1903-97(2002) Standard Guide for Environmental Site Assessments: Phase II Environmental Site Assessment Process*. West Conshohocken, PA, Estados Unidos de America.

Materials, A. S. (2005). *ASTM E1527 - 05 Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase I Environmental Site Assessment Process*. West Conshohocken, PA, Estados Unidos de America: ASTM.

Ministerio de Ambiente, V. y.-M. (2007). *Manual Técnico para la Ejecución de Análisis de Riesgos para Sitios de Distribución Derivados de Hidrocarburos*. Bogotá, Colombia.

Ministerio Español de la Presidencia . (2005). *Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados*. Recuperado el 2 de 05 de 2014, de http://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2005-895

Villavicencio, S. d.-A. (2013). *Sintesis Diagnostica POT Villavicencio*. Obtenido de http://www.villavicencio.gov.co/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1398&Itemid=209

ANEXOS

Anexo A Resultados analíticos de las muestras

Muestras de suelo

PARÁMETROS	COMPUESTOS	UNIDAD	S1		S2		S3	
			S1-200	S1-400	S2-200	S2-400	S3-220	S3-400
Hidrocarburos Totales de Petróleo – TPH	TPH (C10-C12)	mg/kg	14	270	980	2100	<3,0	3,2
	TPH (C12-C16)	mg/kg	<5,0	41	1200	4900	<5,0	15
	TPH (C16-C21)	mg/kg	<6,0	14	470	2000	<6,0	17
	TPH (C21-C30)	mg/kg	<12	<12	47	240	<12	<12
	TPH (C30-C35)	mg/kg	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0
	TPH (C35-C40)	mg/kg	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0	<6,0
	TPH Suma (C10-C40)	mg/kg	<38	340	2700	9300	<38	44
BTEX	Benceno	mg/kg	19	240	0,079	1,1	<0,050	<0,050
	Tolueno	mg/kg	27	650	0,29	2,6	<0,050	<0,050
	Etilbenceno	mg/kg	1,8	30	0,61	1,7	<0,050	<0,050
	o-Xileno	mg/kg	28	330	5,1	2	<0,050	<0,050
	m,p-Xileno	mg/kg	40	580	8,8	4,1	<0,050	<0,050
	Xilenos (sum)	mg/kg	68	900	14	6,1	<0,10	<0,10
	BTEX (suma)	mg/kg	120	1800	15	12	<0,25	<0,25
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos – HAP	Naftaleno	mg/kg	<0,010	0,3	<0,010	0,96	<0,010	<0,010
	Acenaftileno	mg/kg	<0,010	<0,010	0,014	0,04	<0,010	<0,010
	Acenafteno	mg/kg	<0,010	0,021	0,046	0,69	<0,010	<0,010
	Fluoreno	mg/kg	<0,010	0,046	0,1	0,44	<0,010	<0,010
	Fenantreno	mg/kg	<0,010	0,12	0,61	1,3	<0,010	<0,010
	Antraceno	mg/kg	<0,010	0,013	0,069	0,19	<0,010	<0,010
	Fluoranteno	mg/kg	<0,010	0,13	0,3	0,6	<0,010	<0,010
	Pireno	mg/kg	<0,010	0,12	0,26	0,57	<0,010	<0,010
	Benzo(a)antraceno	mg/kg	<0,010	0,044	0,052	0,096	<0,010	<0,010
	Criseno	mg/kg	<0,010	0,081	0,053	0,099	<0,010	<0,010
	Benzo(b)fluoranteno	mg/kg	<0,010	0,058	0,028	0,046	<0,010	<0,010
	Benzo(k)fluoranteno	mg/kg	<0,010	0,023	0,012	0,023	<0,010	<0,010
	Benzo(a)pireno	mg/kg	<0,010	0,031	0,027	0,036	<0,010	<0,010
	Dibenzo(ah)antraceno	mg/kg	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
	Benzo(ghi)perileno	mg/kg	<0,010	0,031	0,015	0,023	<0,010	<0,010
	Indeno(123cd)pireno	mg/kg	0,026	0,088	0,041	0,033	0,026	0,026
HAP (suma)	mg/kg	<0,16	1,1	1,6	5,2	<0,16	<0,16	
Metales pesados	Plomo	mg/kg	<10	<10	<10	<10	<10	<10

Muestras de agua

PARÁMETROS	COMPUESTOS	UNIDADES	A1	A2	A3
Hidrocarburos Totales de Petróleo – TPH	TPH (C10-C12)	µg/l	24	11	38
	TPH (C12-C16)	µg/l	<5,0	<5,0	13
	TPH (C16-C21)	µg/l	<6,0	<6,0	<6,0
	TPH (C21-C30)	µg/l	<10	<10	<10
	TPH (C30-C35)	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0
	TPH (C35-C40)	µg/l	<8,0	<8,0	<8,0
	TPH Suma (C10-C40)	µg/l	<38	<38	53
BTEX	Benceno	µg/l	2,2	10	98
	Tolueno	µg/l	1,1	<0,20	2,1
	Etilbenceno	µg/l	<0,20	<0,20	2,3
	o-Xileno	µg/l	0,29	0,3	1,5
	m,p-Xileno	µg/l	0,45	0,45	1,6
	Xilenos (sum)	µg/l	0,74	0,75	3,1
	BTEX (suma)	µg/l	4,1	10,75	110
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos – HAP	Naftaleno	µg/l	0,11	0,13	0,17
	Acenaftileno	µg/l	<0,50	<0,50	<0,50
	Acenafteno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Fluoreno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Fenantreno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Antraceno	µg/l	<0,050	<0,050	<0,050
	Fluoranteno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Pireno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Benzo(a)antraceno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Criseno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Benzo(b)fluoranteno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Benzo(k)fluoranteno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Benzo(a)pireno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Dibenzo(ah)antraceno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Benzo(ghi)perileno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
	Indeno(123cd)pireno	µg/l	<0,10	<0,10	<0,10
HAP (suma)	µg/l	0,11	0,13	0,17	
Metales pesados	Plomo	µg/l	<5,0	<5,0	<5,0