

## **INFORME DE PASANTÍA**

**Convenio de práctica y pasantía suscrito entre la Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD y la empresa Seima Ltda.**

**Realizado por:**

**Rito Nieto Ospina**

**Código: 15.452.413**

**CEAD: Barrancabermeja - Programa Ingeniería Ambiental**

**Presentado a:**

**Msc. Ing. Ana María Ardila Álvarez**

**Docente Asesor de la Propuesta de Pasantía**

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE  
COLOMBIA**

**2018**

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	1
JUSTIFICACIÓN .....	2
OBJETIVO GENERAL .....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
PLAN DE TRABAJO (aprobado por el comité curricular ECAPMA) .....	4
TOPOGRAFÍA DEL TERRENO CSB 1045 - 801. ....	7
DESARROLLO DE LA PASANTÍA.....	9
TOMA DE MUESTRA, ENVÍO A LABORATORIO, RECEPCIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS POZO CASABE 1045- 801.....	9
RECEPCIÓN DE RESULTADOS .....	11
RESULTADO FÍSICO Y QUÍMICOS DE MUESTRA PISCINAS CSB 1045 .....	11
ANÁLISIS DE RESULTADOS PISCINA CSB 1045 .....	12
ANÁLISIS DE RESULTADOS METALES PESADOS PISCINA CSB 1045.....	16
RESULTADO FÍSICO Y QUÍMICOS DE MUESTRA PISCINA CSB 801 .....	17
PARAMETROS .....	18
ANÁLISIS DE RESULTADOS PISCINA 801 .....	18
ANÁLISIS DE RESULTADOS METALES PESADOS PISCINA POZO CSB 801 .....	22
CANTIDADES DE INSUMOS PARA EL TRATAMIENTO .....	23

CANTIDADES DE INSUMOS PARA EL TRATAMIENTO DE LA PISCINA CSB 801	24
BIODEGRADACIÓN DE LODOS IMPREGNADO DE HIDROCARBUROS.....	26
SEGUIMIENTO AL PROCESO DE HOMOGENIZACIÓN Y AIREACIÓN DE LOS LODOS DURANTE EL TRATAMIENTO.....	29
AVANCE DEL PROCESO DE DEGRADACIÓN BIOLÓGICA DE LODOS .....	31
CONCLUSIONES .....	35
RECOMENDACIONES .....	36
BIBLIOGRAFÍA .....	37

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 Área y Volumen Piscina CSB 1045.....	8
Tabla 2 Área y Volumen Piscina CSB 801 .....	9
Tabla 3. Resultados de la Piscina del Pozo Casabe 1045 con parámetros más relevantes .....	11
Tabla 4. Tabla de Resultados con metales pesados en la Piscina del Pozo Casabe 1045.....	15
Tabla 5. Tabla de Resultados Piscina del Pozo Casabe 801, con parámetros más relevantes.	18
Tabla 6. Tabla de Resultados con metales pesados en la Piscina del Pozo Casabe 801.....	21
Tabla 7 Área y Volumen Piscina CSB 1045.....	24
Tabla 8. Área y Volumen Piscina CSB 801 .....	24

## INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Plano del área piscina CBE 1045.....	8
Gráfica 2. Plano del área piscina CBE 801 .....	8
Gráfica 3. Valor de pH en los lodos de la Piscina Pozo Casabe 1045 .....	12
Gráfica 4. Toma Analizada TPH Piscina Pozo Casabe 1045.....	13
Gráfica 5. Toma Analizada Temperatura Piscina Pozo Casabe 1045.....	13
Gráfica 6. Toma Analizada grasas y aceites Piscina Pozo Casabe 1045 .....	14
Gráfica 7. Toma Analizada Humedad Piscina Pozo Casabe 1045.....	14
Gráfica 8. Toma analizada Piscina Pozo Casabe 1045. ....	16
Gráfica 9. Toma Analizada pH Piscina Pozo Casabe 801 .....	18
Gráfica 10. Toma Analizada TPH Piscina Pozo Casabe 801.....	19
Gráfica 11. Toma Analizada Temperatura Piscina Pozo Casabe 801.....	19
Gráfica 12. Toma Analizada Grasa y Aceite Piscina Pozo Casabe 801 .....	20
Gráfica 13. Toma Analizada humedad lodos Piscina Pozo Casabe 801 .....	21
Gráfica 14. Toma Analizada Piscina Pozo Casabe 801 .....	22

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1.. Toma de Muestra Pozo Casabe 1045 – 801 .....	10
Ilustración 2. Recibo de Tierra Limpia de Cantera Pozo Casabe 1045.....	25
Ilustración 3. Recibo de Tierra Limpia de Cantera Pozo Casabe 801.....	25
Ilustración 4. Aplicación de Bacterias y Biodegradación de Lodos en el Pozo Casabe 1045. ....	27

Ilustración 5. Aplicación de Bacterias y Biodegradación de Lodos en el Pozo Casabe 801. ..	28
Ilustración 6. Proceso Homogenización y Aireación de Lodos en el Pozo Casabe 1045. ....	30
Ilustración 7. Proceso Homogenización y Aireación de Lodos en el Pozo Casabe 801. ....	30
Ilustración 8. Avance de Degradación Biológica de Lodos en el Pozo Casabe 1045. ....	33
Ilustración 9. Avance de Degradación Biológica de Lodos en el Pozo Casabe 801. ....	34

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer primeramente a Dios, por brindarme esta maravillosa oportunidad, por darme paciencia y la sabiduría necesaria para cumplir con este anhelo de ser profesional.

A mi esposa María Fernanda Barrera Tamayo, y a mis hijos Jerónimo y Thomas Nieto Barrera quienes me motivaron para alcanzar este sueño.

A la Empresa Seima Ltda en cabeza del Ingeniero Gustavo Solano, por darme la oportunidad de realizar este trabajo de Práctica.

A la profesora Ana María Ardila Alvarez, docente y asesora de la propuesta de pasantía, mil gracias por haber dispuesto amablemente de su tiempo, colaboración y apoyo para la realización de esta experiencia Profesional dirigida durante estos 3 meses y medio.

A los docentes de la Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del medio Ambiente ECAPMA de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, CEAD de Bucaramanga Santander, a la Ing. Diana Marcela Ibarra, a la Ing. María Fernanda Domínguez Amorocho y al Ingeniero William Díaz, Líder Local ECAPMA, gracias por sus recomendaciones y aportes esenciales durante la ejecución de esta pasantía.

## JUSTIFICACIÓN

En el municipio de Yondó Antioquia la empresa Ecopetrol actualmente realiza extracción de crudo. Asimismo, se evidencia que este proceso de extracción genera un impacto ambiental negativo generando continuos derrames de hidrocarburos y la inadecuada disposición final de lodos impregnados por crudo (Jiménez, 2006). Este impacto ambiental tiene efectos perjudiciales porque reduce el uso del suelo y la contaminación de las fuentes hídricas en el municipio.

Ante la situación descrita del impacto ambiental negativo, desde el punto de vista práctico en Yondó se encuentra la empresa SEIMA Ltda, que realiza la solución del tratamiento de estos lodos impregnados por hidrocarburos mediante proceso de biorremediación con la inoculación de bacterias Land Recovery Plus suministradas por el laboratorio GEOTECH, la técnica de biorremediación utilizada que se aplica a este proceso de biorremediación es Land Farming.

“SEIMA Ltda proporciona alternativas de descontaminación de suelos en las zonas impactadas, las cuales están ocasionando un deterioro en el medioambiente del campo de Casabe del municipio” (Solano, 2015). Además, contribuye en la búsqueda de soluciones efectivas y oportunas que contribuyen ampliamente a reducir los daños al suelo.

Es por eso que para contribuir a estas búsquedas efectivas y oportunas de descontaminación la empresa SEIMA Ltda, requiere un practicante del programa de Ingeniería ambiental, que permita aplicar los conocimientos adquiridos en la formación académica, ofreciendo herramientas de apoyo técnico en el proceso de biodegradación de los lodos contaminados por hidrocarburos, entre ellas tomas de muestras, seguimiento al proceso de homogenización y aireación de los lodos tratados y verificación en el avance del proceso de degradación biológica de lodos en la piscinas de los pozos CBE 1045 y 801, de acuerdo al manual de especificaciones técnicas de Ecopetrol S.A.

## **OBJETIVO GENERAL**

Apoyar técnicamente a la empresa SEIMA Ltda, en las labores tendientes a la Biodegradación de lodos impregnado de hidrocarburos, en las piscinas de los pozos Casabe 801 y 1045, del municipio de Yondó Antioquia.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Establecer las concentraciones de hidrocarburos presentes en los lodos mediante la toma de muestra y análisis de resultados, en las piscinas de los pozos Casabe 801, 1045, del municipio de Yondó Antioquia, según criterios establecidos en la normatividad internacional Protocolo de Loussiana 29B.


Determinar las cantidades necesarias de insumos para el tratamiento de lodos impregnados por hidrocarburo, de acuerdo con el grado de contaminación y volumen de lodos contaminados, de acuerdo al manual de especificaciones técnicas de ECOPETROL S.A.

Hacer seguimiento al proceso de Homogenización y aireación de los lodos durante el tratamiento según criterios establecidos en el manual especificaciones técnicas de ECOPETROL S.A.

Verificar el avance del proceso de degradación biológica de lodos de acuerdo con la normatividad Internacional acogida por Colombia “Protocolo de Loussiana 29B de 1999”.



**PLAN DE TRABAJO (aprobado por el comité curricular ECAPMA)**

	<b>FORMATO DE PLAN DE TRABAJO DE PASANTÍA</b>		<b>CÓDIGO:</b> F-7-9-5																																				
	<b>PROCEDIMIENTO RELACIONADO: OPCIONES TRABAJO DE GRADO</b>		<b>VERSIÓN:</b> 0-24-07-2015 <b>PÁGINAS:</b> Página 4 de 43																																				
<b>1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PLAN DE TRABAJO</b>																																							
<table border="1"> <tr> <td><b>Fecha:</b></td> <td colspan="4"><b>10/04/2018</b></td> </tr> </table>					<b>Fecha:</b>	<b>10/04/2018</b>																																	
<b>Fecha:</b>	<b>10/04/2018</b>																																						
<table border="1"> <tr> <td>Nombre del estudiante:</td> <td colspan="4"><b>RITO NIETO OSPINA</b></td> </tr> <tr> <td>Identificación</td> <td>C.C. <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>C.E. <input type="checkbox"/></td> <td>Otro <input type="checkbox"/></td> <td>Número: <b>15.452.413</b></td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Programa Académico</td> <td colspan="3" rowspan="3"><b>Ingeniería Ambiental</b></td> <td>No. de Créditos Aprobados:</td> <td><b>149</b></td> </tr> <tr> <td>% de créditos aprobados</td> <td><b>96%</b></td> </tr> <tr> <td>Promedio acumulado</td> <td><b>4,1</b></td> </tr> <tr> <td>Correo electrónico</td> <td colspan="2"><b>rnietoo@unadvirtual.edu.co</b></td> <td>Teléfono / Celular</td> <td><b>3138131042 3203983756</b></td> </tr> <tr> <td>Dirección residencia:</td> <td colspan="2"><b>Cra 46 No 51-23</b></td> <td>Municipio / Departamento</td> <td><b>Antioquia</b></td> </tr> <tr> <td>CENTRO:</td> <td colspan="2"><b>Barrancabermeja</b></td> <td>ZONA:</td> <td><b>Centro Oriente</b></td> </tr> </table>					Nombre del estudiante:	<b>RITO NIETO OSPINA</b>				Identificación	C.C. <input checked="" type="checkbox"/>	C.E. <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	Número: <b>15.452.413</b>	Programa Académico	<b>Ingeniería Ambiental</b>			No. de Créditos Aprobados:	<b>149</b>	% de créditos aprobados	<b>96%</b>	Promedio acumulado	<b>4,1</b>	Correo electrónico	<b>rnietoo@unadvirtual.edu.co</b>		Teléfono / Celular	<b>3138131042 3203983756</b>	Dirección residencia:	<b>Cra 46 No 51-23</b>		Municipio / Departamento	<b>Antioquia</b>	CENTRO:	<b>Barrancabermeja</b>		ZONA:	<b>Centro Oriente</b>
Nombre del estudiante:	<b>RITO NIETO OSPINA</b>																																						
Identificación	C.C. <input checked="" type="checkbox"/>	C.E. <input type="checkbox"/>	Otro <input type="checkbox"/>	Número: <b>15.452.413</b>																																			
Programa Académico	<b>Ingeniería Ambiental</b>			No. de Créditos Aprobados:	<b>149</b>																																		
				% de créditos aprobados	<b>96%</b>																																		
				Promedio acumulado	<b>4,1</b>																																		
Correo electrónico	<b>rnietoo@unadvirtual.edu.co</b>		Teléfono / Celular	<b>3138131042 3203983756</b>																																			
Dirección residencia:	<b>Cra 46 No 51-23</b>		Municipio / Departamento	<b>Antioquia</b>																																			
CENTRO:	<b>Barrancabermeja</b>		ZONA:	<b>Centro Oriente</b>																																			
<table border="1"> <tr> <td>Nombre del estudiante:</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td>Identificación</td> <td>C.C. <input type="checkbox"/></td> <td>C.E. <input type="checkbox"/></td> <td>OTRO <input type="checkbox"/></td> <td>Número:</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">Programa Académico</td> <td colspan="3" rowspan="3"></td> <td>No. de Créditos Aprobados:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>% de créditos aprobados</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Promedio acumulado</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Correo electrónico</td> <td colspan="2"></td> <td>Teléfono / Celular</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Dirección residencia:</td> <td colspan="2"></td> <td>Municipio / Departamento</td> <td></td> </tr> <tr> <td>CENTRO:</td> <td colspan="2"></td> <td>ZONA:</td> <td></td> </tr> </table>					Nombre del estudiante:					Identificación	C.C. <input type="checkbox"/>	C.E. <input type="checkbox"/>	OTRO <input type="checkbox"/>	Número:	Programa Académico				No. de Créditos Aprobados:		% de créditos aprobados		Promedio acumulado		Correo electrónico			Teléfono / Celular		Dirección residencia:			Municipio / Departamento		CENTRO:			ZONA:	
Nombre del estudiante:																																							
Identificación	C.C. <input type="checkbox"/>	C.E. <input type="checkbox"/>	OTRO <input type="checkbox"/>	Número:																																			
Programa Académico				No. de Créditos Aprobados:																																			
				% de créditos aprobados																																			
				Promedio acumulado																																			
Correo electrónico			Teléfono / Celular																																				
Dirección residencia:			Municipio / Departamento																																				
CENTRO:			ZONA:																																				
<table border="1"> <tr> <td>Nombre de la Organización:</td> <td colspan="4"><b>SEIMA Ltda</b></td> </tr> <tr> <td>Departamento:</td> <td><b>Antioquia</b></td> <td>Municipio o ciudad:</td> <td colspan="2"><b>Yondó</b></td> </tr> <tr> <td>Sitio Web:</td> <td colspan="2"></td> <td>Teléfonos:</td> <td><b>3132961948</b></td> </tr> <tr> <td>Dirección de la organización:</td> <td colspan="2"><b>Km 2 Vía san Luis Beltrán</b></td> <td>Dependencia o Unidad:</td> <td><b>Gerencia</b></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Nombre del coordinador de plan de trabajo: <b>Gustavo Solano</b></td> <td colspan="2" rowspan="2"></td> <td>Correo electrónico:</td> <td><b>gustavosolano11@hotmail.com</b></td> </tr> <tr> <td>Teléfono / Celular</td> <td><b>3132961948</b></td> </tr> <tr> <td colspan="3">Número y fecha de suscripción del convenio o acuerdo suscrito entre la UNAD y la organización o institución:</td> <td colspan="2"><b>12 de febrero de 2018</b></td> </tr> </table>					Nombre de la Organización:	<b>SEIMA Ltda</b>				Departamento:	<b>Antioquia</b>	Municipio o ciudad:	<b>Yondó</b>		Sitio Web:			Teléfonos:	<b>3132961948</b>	Dirección de la organización:	<b>Km 2 Vía san Luis Beltrán</b>		Dependencia o Unidad:	<b>Gerencia</b>	Nombre del coordinador de plan de trabajo: <b>Gustavo Solano</b>			Correo electrónico:	<b>gustavosolano11@hotmail.com</b>	Teléfono / Celular	<b>3132961948</b>	Número y fecha de suscripción del convenio o acuerdo suscrito entre la UNAD y la organización o institución:			<b>12 de febrero de 2018</b>				
Nombre de la Organización:	<b>SEIMA Ltda</b>																																						
Departamento:	<b>Antioquia</b>	Municipio o ciudad:	<b>Yondó</b>																																				
Sitio Web:			Teléfonos:	<b>3132961948</b>																																			
Dirección de la organización:	<b>Km 2 Vía san Luis Beltrán</b>		Dependencia o Unidad:	<b>Gerencia</b>																																			
Nombre del coordinador de plan de trabajo: <b>Gustavo Solano</b>			Correo electrónico:	<b>gustavosolano11@hotmail.com</b>																																			
			Teléfono / Celular	<b>3132961948</b>																																			
Número y fecha de suscripción del convenio o acuerdo suscrito entre la UNAD y la organización o institución:			<b>12 de febrero de 2018</b>																																				

<b>1. DATOS ESPECIFICOS DEL PLAN DE TRABAJO (La pasantía debe tener una dedicación mínima de 640 horas)</b>	
<b>Intensidad horaria semanal</b>	<b>48 horas</b>
<b>Número de semanas</b>	<b>16 Semanas</b>
<b>Horario</b>	<b>7:00 am a 3:00 pm</b>
<b>2. DESCRIPCION DETALLADA DEL PLAN DE TRABAJO</b>	
<p>Durante la realización de esta pasantía y de acuerdo a las políticas de la empresa SEIMA Ltda. Se realizarán actividades que conlleven al cumplimiento de las labores tendientes a la biodegradación de lodos impregnados de hidrocarburos, en la piscina del pozo Casabe 801 y 1045 del municipio de Yondó Antioquia.</p> <p>Las actividades a desarrollar durante la pasantía son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Realizar registro fotográfico digital (detallado). En las actividades desarrolladas en el lugar del tratamiento de lodos, respecto al proceso de biodegradación.</li> <li>➤ Durante esta pasantía se realizarán tomas de muestra de lodos impregnados de hidrocarburos en las piscinas de los pozos Casabe 801 y 1045 del municipio de Yondó Antioquia, para establecer las concentraciones de hidrocarburos presentes en los lodos. Estas muestras se tomarán de acuerdo a los criterios establecidos en la normatividad internacional Protocolo de Loussiana 29B de 1999.</li> <li>➤ Enviar las muestras tomadas a un laboratorio certificado por el IDEAM, recepción de resultados, posteriormente efectuar una interpretación y comparación de las concentraciones obtenidas con los criterios establecidos, Protocolo de Loussiana 29B de 1999.</li> <li>➤ Apoyar técnicamente para determinar las cantidades necesarias de insumos para el tratamiento de los lodos impregnados de hidrocarburo, de acuerdo con el grado de contaminación y volumen de lodos contaminados, según manual especificaciones técnicas de ECOPETROL S.A.</li> <li>➤ Realizar seguimiento al proceso de Homogenización y aireación de los lodos tratados, de acuerdo al manual especificaciones técnicas de ECOPETROL S.A.</li> <li>➤ Verificar el avance del proceso de degradación biológica de lodos de acuerdo con el Protocolo de Loussiana 29B de 1999.</li> </ul>	
<b>3. JUSTIFICACIÓN</b>	
<p>En el municipio de Yondó Antioquia la empresa Ecopetrol actualmente realiza extracción de crudo. Asimismo, se evidencia que este proceso de extracción genera un impacto ambiental negativo generando continuos derrames de hidrocarburos y la inadecuada disposición final de lodos impregnados por crudo (Jiménez, 2006). Este impacto ambiental tiene efectos perjudiciales porque reduce el uso del suelo y la contaminación de las fuentes hídricas en el municipio.</p> <p>Ante la situación descrita del impacto ambiental negativo, desde el punto de vista práctico en Yondó se encuentra la empresa SEIMA Ltda, que realiza la solución del tratamiento de estos lodos impregnados por hidrocarburos mediante proceso de biorremediación con la inoculación de bacterias Land Recovery Plus suministradas por el laboratorio GEOTECH, la técnica de biorremediación utilizada que se aplica a este proceso de biorremediación es Land Farming.</p>	

“SEIMA Ltda proporciona alternativas de descontaminación de suelos en las zonas impactadas, las cuales están ocasionando un deterioro en el medioambiente del campo de Casabe del municipio” (Solano, 2015). Además, contribuye en la búsqueda de soluciones efectivas y oportunas que contribuyen ampliamente a reducir los daños al suelo.

Es por eso que para contribuir a estas búsquedas efectivas y oportunas de descontaminación la empresa SEIMA Ltda, requiere un practicante del programa de Ingeniería ambiental, que permita aplicar los conocimientos adquiridos en la formación académica, ofreciendo herramientas de apoyo técnico en el proceso de biodegradación de los lodos contaminados por hidrocarburos, entre ellas tomas de muestras, seguimiento al proceso de homogenización y aireación de los lodos tratados y verificación en el avance del proceso de degradación biológica de lodos en las piscinas de los pozos CBE 1045 y 801, de acuerdo al manual de especificaciones técnicas de Ecopetrol S.A.

#### 4. OBJETIVO GENERAL

Apoyar técnicamente a la empresa SEIMA Ltda, en las labores tendientes a la Biodegradación de lodos impregnado de hidrocarburos, en las piscinas de los pozos Casabe 801 y 1045, del municipio de Yondó Antioquia.

#### 5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer las concentraciones de hidrocarburos presentes en los lodos mediante (toma de muestra, envío a laboratorio, recepción de resultados y análisis de resultados), en las piscinas de los pozos Casabe 801, 1045, del municipio de Yondó Antioquia, según criterios establecidos en la normatividad internacional Protocolo de Loussiana 29B.
- Determinar las cantidades necesarias de insumos para el tratamiento de lodos impregnados por hidrocarburo, de acuerdo con el grado de contaminación y volumen de lodos contaminados, de acuerdo al manual de especificaciones técnicas de ECOPETROL S.A.
- Hacer seguimiento al proceso de Homogenización y aireación de los lodos durante el tratamiento según criterios establecidos en el manual especificaciones técnicas de ECOPETROL S.A.
- Verificar el avance del proceso de degradación biológica de lodos de acuerdo con la normatividad Internacional acogida por Colombia “Protocolo de Loussiana 29B de 1999”.

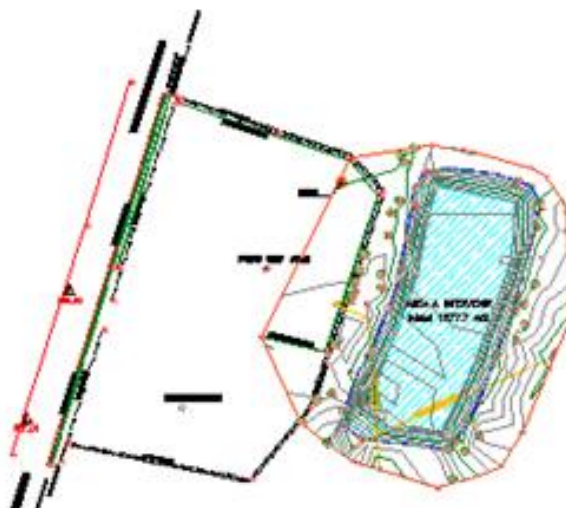
ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4
Realizar registro fotográfico digital (detallado).	x	x	x	x
Toma de muestra, de lodos, envío a laboratorio, recepción de resultados y análisis de resultados), en las piscinas de los pozos Casabe 801, 1045.	x			
Apoyar técnicamente para determinar las cantidades necesarias de insumos para el tratamiento de los lodos impregnados de hidrocarburo.	x	x		

Realizar seguimiento al proceso de Homogenización y aireación de los lodos tratados		x	x	
Verificar el avance del proceso de degradación biológica de lodos.			x	x
<b>8. RESULTADOS O PRODUCTOS ESPERADOS:</b>				
<b>RESULTADO/PRODUCTO ESPERADO</b>		<b>INDICADOR</b>		
Toma y envío de muestras de lodos / Resultados y análisis por parte del laboratorio.		Número de muestras: 4 Muestras, números de resultados: 4		
Intervención piscinas contaminadas por lodos impregnados por hidrocarburos / biorremediación por técnica land forming.		Áreas de piscinas intervenidas: 4.624,60 m <sup>2</sup>		
Uso de tierra limpia de cantera / Cantidades necesarias de insumos para el tratamiento de lodos.		Tierra de cantera: 4,473 m <sup>3</sup> Insumos para el tratamiento:		
Homogenización y aireación de los lodos durante el tratamiento / utilización de operadores de maquinaria.		3 retrorugas, 3 operadores para intervención 2 piscinas: de 4.624,60 m <sup>2</sup> de área.		
Avance del proceso de degradación biológica de lodos / Conservación de parámetros físicos de tierra limpia e insumos para el tratamiento (bacterias).		pH: 5,0 Temperatura: 20° Humedad: 30% - 50%		
<b>9. DOCENTE ASESOR DE LA PROPUESTA DE PASANTIA</b>				
NOMBRE	Ana María Ardila Álvarez			
PROGRAMA	Ingeniería ambiental			
CENTRO	Bucaramanga			
ZONA	Centro Oriente			

### TOPOGRAFÍA DEL TERRENO CSB 1045 - 801.

Antes de iniciar con actividades de biorremediación de lodos impregnados de hidrocarburos en las piscinas, se realiza una topografía para definir el tamaño de las áreas a tratar. El pozo CSB-1045 presento un área de 1277,7 m<sup>2</sup> y un volumen total de entre agua y lodos de 4471,95 m<sup>3</sup>

Gráfica 1. Plano del área piscina CBE 1045.



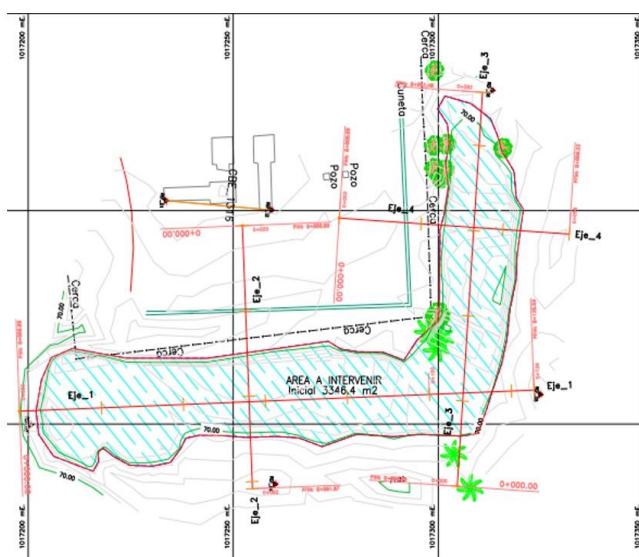
Fuente: Seima Ltda

Tabla 1 Área y Volumen Piscina CSB 1045

<b>CUADRO ÁREAS Y VOLÚMENES PISCINA CSB 1045</b>		
Área Total [m <sup>2</sup> ]	1.277,70	
	Profundidad [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Volumen en Agua	1,5	2.555,40
Volumen en lodo	1,3	1.916,55
Volumen Total e	2,8	4.471,95

Fuente: Seima Ltda

Gráfica 2. Plano del área piscina CBE 801



Fuente: Seima Ltda

Tabla 2 Área y Volumen Piscina CSB 801

<b>CUADRO ÁREAS Y VOLÚMENES PISCINA CSB 801</b>		
Área Total [m <sup>2</sup> ]	3.346,60	
	Profundidad [m]	Volumen [m <sup>3</sup> ]
Volumen en Agua	1,5	5.019,60
Volumen en lodo	1,2	4.015,68
Volumen Total e	2,7	9.035,28

Fuente: Seima Ltda

## **DESARROLLO DE LA PASANTÍA**

### **TOMA DE MUESTRA, ENVÍO A LABORATORIO, RECEPCIÓN DE RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS POZO CASABE 1045- 801.**

La toma de muestra inicial se realizó el día 25 de mayo de 2018 por parte del laboratorio Lasertec S.A.S, el cual se encuentra avalado por el (IDEAM). Esto según recomendaciones por parte de Ecopetrol quien es la empresa contratante del proyecto.

Los monitoreos que se realizaron consistían en toma de muestras de lodos, una vez el laboratorio enviaba el resultado, se realizaba el análisis de la cantidad de hidrocarburos presente en la muestra, para determinar la concentración de hidrocarburos presente en el lodo, una vez obtenidos los resultados se realizaba el proceso de biodegradación.

Una vez terminado el proceso de biodegradación de los lodos se realiza nuevamente la toma de muestras para determinar la eficiencia del tratamiento y evaluar el contenido nutricional del suelo y el cumplimiento de los parámetros establecidos por parte de ECOPETROL S.A. los cuales deben cumplir con: Contenido de hidrocarburos en concentraciones inferiores al 1% y humedad < 30%. Parámetros establecidos por ECOPETROL S.A para el cumplimiento del Protocolo Louisiana 29B. (R.S, 2017).



Ilustración 1.. Toma de Muestra Pozo Casabe 1045 – 801



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

## RECEPCIÓN DE RESULTADOS

El día 27 de mayo de 2018 el laboratorio Lasertec S.A.S, hizo entrega de los resultados de laboratorio de las muestras tomadas en la piscina del pozo casabe 1045 y 801, a la empresa Seima Ltda. Con el fin de:

1. Analizar la cantidad de hidrocarburos presente en la muestra, metales pesados y contenido de macro y micronutrientes.
2. Verificar la caracterización del lodo a tratar y el diseño del tratamiento que se requiere.
3. Revisar la efectividad del tratamiento y análisis finales para garantizar la recuperación ambiental del sitio y la biodegradación final del lodo retirados de las piscinas de los pozos Casabe 1045 y 801.

### RESULTADO FÍSICO Y QUÍMICOS DE MUESTRA PISCINAS CSB 1045

Se evaluaron los parámetros más relevantes entre ellos el pH, TPH, Temperatura, Grasa y aceites y Humedad porque son los parámetros que establece el protocolo de Louisiana 29B. Los resultados obtenidos en la piscina CSB 1045, se presentarán en esta sección del documento.

*Tabla 3. Resultados de la Piscina del Pozo Casabe 1045 con parámetros más relevantes*

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	VALORES DE REFERENCIA PROTOCOLO LOUSSIANA 29B
pH	Und pH	4,40	6,79	6,00 - 9,00
TPH	mg TPH/Kg	0,0959	0,0479	< 1
Temperatura	°C	28,8	25	30°
Grasas y Aceites	mg/Kg	3,895	2,765	< 1000
Humedad	%H	3,41	4,20	< 50%

**Fuente:** Laboratorio Lasertec S.A.S

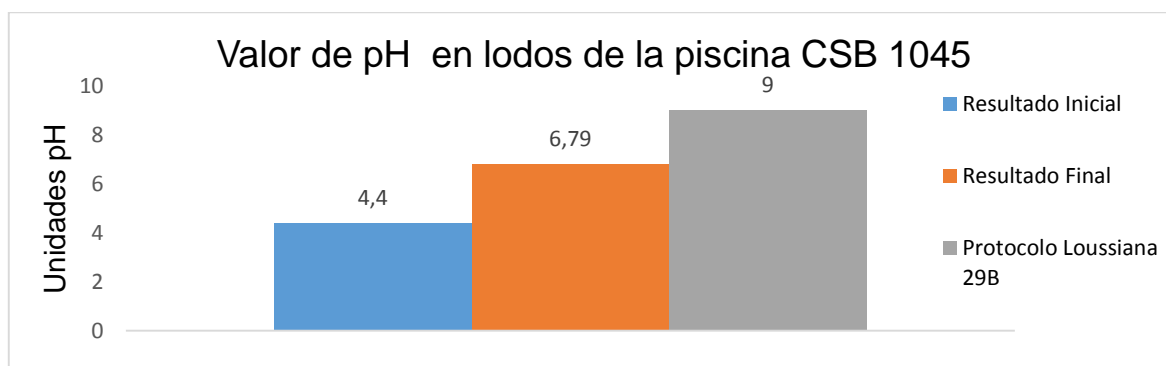


## ANÁLISIS DE RESULTADOS PISCINA CSB 1045

**pH:** La reacción del pH en los lodos de estas piscinas nos está indicando la acidez o alcalinidad de estos lodos. Es de resaltar que el pH en los lodos es un factor importante para el desarrollo y crecimiento de las bacterias Land Recovery Plus.

Las muestras tomadas presentaron lodos ácidos, con valores cercanos a 4,40 unidades (Tabla 1). Los resultados de laboratorio determinan un incumplimiento del rango establecido en la norma Louisiana 29B, al ser inferiores a seis (6) unidades, sin embargo, el tratamiento que se le dio para normalizar el pH en los lodos fue la adición de 0.5 kg cal por m<sup>3</sup> de lodos, logrando obtener un resultado de 6,79 unidades de acuerdo a lo establecido por el protocolo de Louisiana 29B. ver (Tabla 1) y (gráfica 3).

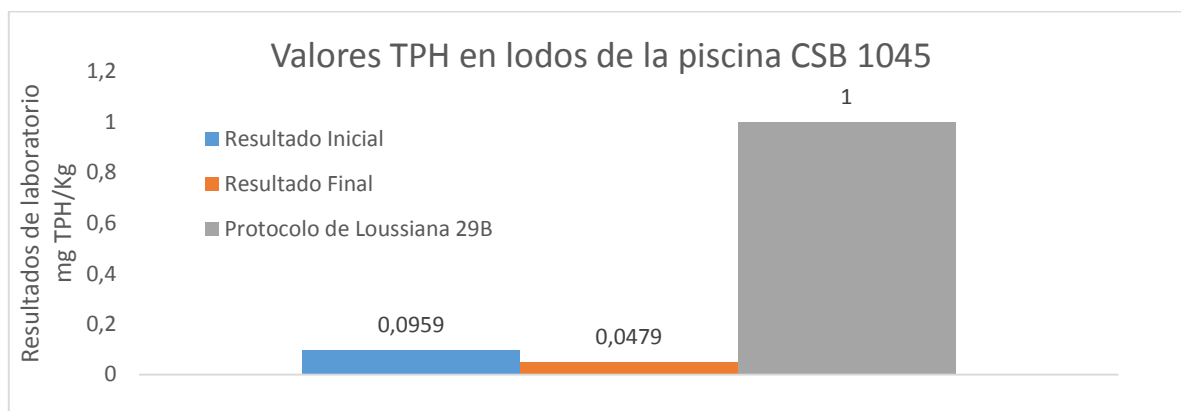
Gráfica 3. Valor de pH en los lodos de la Piscina Pozo Casabe 1045



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

**TPH:** El protocolo de Luisiana tiene establecido un rango de < 1 mg TPH/Kg, se observó que el resultado de laboratorio es de 0,0959mg TPH/Kg, en este caso, se consideró que los resultados son normales para los lodos evaluados, sin embargo se procedió a realizar el proceso de inoculación de bacterias Land Recovery, para disminuir la cantidad de hidrocarburo que había en el lodo obteniendo como resultado final 0,0479mg TPH/Kg, sin embargo este resultado tiende a seguir disminuyendo debido a la actuación de las bacterias en el proceso de biodegradación, ver (Gráfica 4).

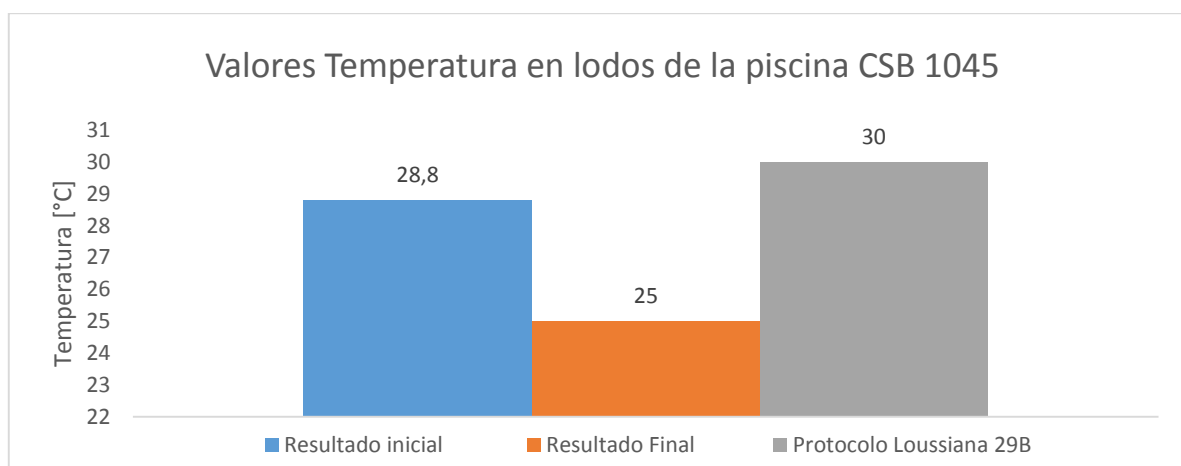
Gráfica 4. Toma Analizada TPH Piscina Pozo Casabe 1045



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

**Temperatura:** La temperatura que presentaban los lodos al momento de la toma de las muestras era de 28,8°C, una temperatura relativamente alta debido a que en el momento de la toma los lodos se encontraban a la intemperie, pero aun así la temperatura se encuentra en una escala acorde a lo establecido en el protocolo Luisiana 29B. Ver (Gráfica 5).

Gráfica 5. Toma Analizada Temperatura Piscina Pozo Casabe 1045

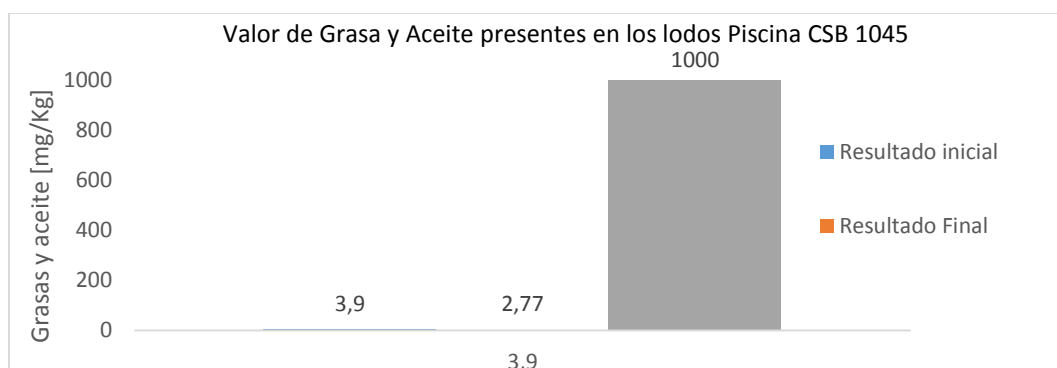


**Autor:** Rito Nieto Ospina.

**Grasas y aceite:** En el tema de grasas y aceites, se incluyen no sólo los hidrocarburos del petróleo (TPH) también debemos incluir los compuestos orgánicos del material vegetal y de los animales que encontramos en las piscinas, en los lodos evaluados se obtuvo un resultado de grasa y aceites de 3,895 mg/Kg y mediante la aplicación del proceso de biodegradación obtuvo un

resultado final de 2,765 mg/Kg, Como generalidad los resultados de grasas y aceites obtenidos en la piscina son considerados normales de acuerdo con el límite de <10000 mg/kg establecido en el Protocolo de Louisiana 29B. Ver (Gráfica 6).

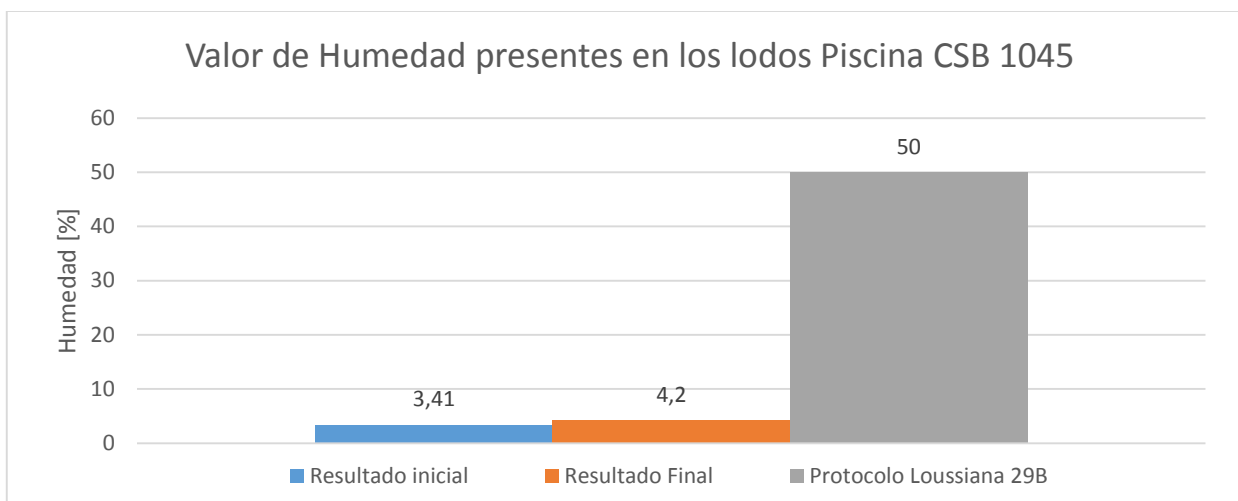
Gráfica 6. Toma Analizada grasas y aceites Piscina Pozo Casabe 1045



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

**Humedad:** Las piscinas del pozo CSB 1045 mostraron unos porcentajes de humedad bajos, donde se presentó un valor inicial de 3,41 % y al finalizar la biodegradación de los lodos, obtuvimos como resultado 4,20 %, esto debido a la gran proporción de agua que tenía la piscina así las cosas el rango de variación de este parámetro se encuentra en una escala acorde con el límite del Protocolo Louisiana 29B, teniéndose resultados inferiores al 50% en cuanto a la humedad, este resultado es de gran importancia para el biotratamiento de estos lodos ya que es uno de los factores que influyen en la vida de las bacterias Land Recovery.

Gráfica 7. Toma Analizada Humedad Piscina Pozo Casabe 1045



**Autor:** Rito Nieto Ospina

La siguiente tabla establece el grado de toxicidad en cuanto a metales pesados presente en los lodos de la piscina.

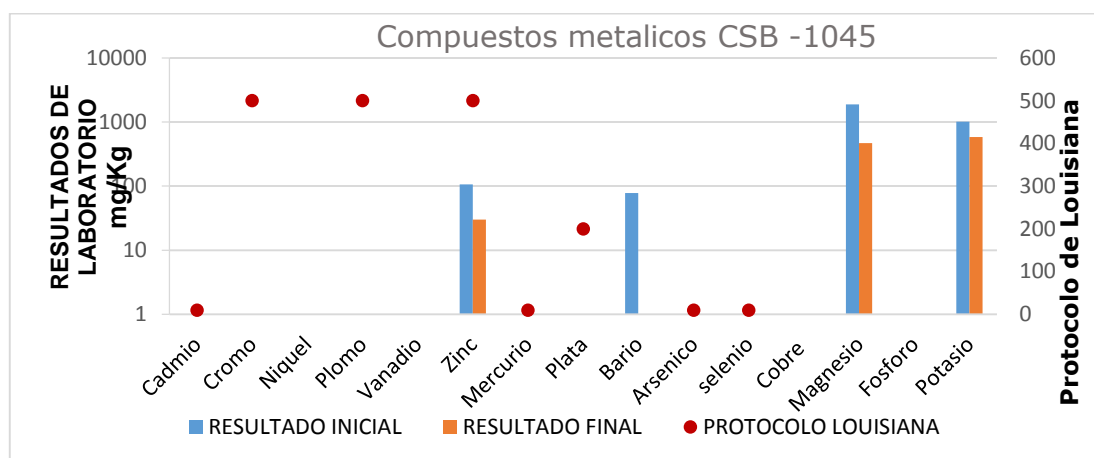
*Tabla 4. Tabla de Resultados con metales pesados en la Piscina del Pozo Casabe 1045.*

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	VALORES DE REFERENCIA PROTOCOLO LOUSSIANA 29B.
<b>Nitrógeno</b>	mg/Kg N	730	730	N.E
<b>Cadmio</b>	mg/Kg Cd	< 1,8	< 1,8	Max 10 ppm
<b>Cromo</b>	mg/Kg Cr	< 18	< 18	Max 500 ppm
<b>Níquel</b>	mg/Kg Ni	< 1,8	< 1,8	Max 420 ppm
<b>Plomo</b>	mg/Kg Pb	< 18	< 18	Max 500 ppm
<b>Vanadio</b>	mg/Kg V	< 50	< 50	N.E
<b>Zinc</b>	mg/Kg Zn	107	107	Max 500 ppm
<b>Mercurio</b>	mg/Kg Hg	< 1,8	< 1,8	Max 10 ppm
<b>Plata</b>	mg/Kg Ag	< 18	< 18	Max 200 ppm
<b>Bario</b>	mg/Kg Ba	78	78	Max 20000 ppm
<b>Arsénico</b>	mg/Kg As	< 1,8	< 1,8	Max 10 ppm
<b>Selenio</b>	mg/Kg Se	< 1,8	< 1,8	Max 10 ppm
<b>Cobre</b>	mg/Kg Cu	< 1,8	< 1,8	Max 1500 ppm
<b>Hierro</b>	mg/Kg Fe	23026	23026	N.E
<b>Magnesio</b>	mg/Kg Mg	1883	1883	N.E
<b>Fosforo</b>	mg/Kg P	<69,5	<69,5	N.E
<b>Potasio</b>	mg/Kg K	1008	1008	N.E

<b>Pesticidas Organoclorados</b>	mg/Kg	<0,00967	<0,00967	N.E
<b>Plaguicidas Organofosforados</b>	mg/Kg	<0,00977	<0,00977	N.E
<b>Relación de absorción de sodio</b>	%	0,33	0,33	<12%

**Fuente:** Laboratorio Lasertec S.A.S

Gráfica 8. Toma analizada Piscina Pozo Casabe 1045.



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS METALES PESADOS PISCINA CSB 1045

A continuación se realiza el análisis de resultados de los metales pesados más relevantes que se encontraron en las piscinas de los pozos CSB 1045.

**Nitrógeno:** El valor del nitrógeno encontrado en la piscina a intervenir fue 730 mg/Kg, el protocolo de Protocolo Louisiana 29B, no establece el límite permisible.

**Cadmio:** El Cd encontrado tiene un resultado de <1,8 mg/Kg, es decir que hay una menor concentración de cadmio, por lo anterior se determina que dichos valores están por debajo de los límites máximos permisibles en suelos según el protocolo de Louisiana 29B.

**Cromo:** El resultado inicial hallado en las muestras de lodos alcanzo  $< 18$  mg/Kg, se logra concluir que este parámetro cumple por lo establecido por el protocolo de Loussiana 29B, sin embargo el rango tóxico está entre máx. 500 ppm.

**Níquel:** El níquel encontrado en los lodos es de  $< 1,8$  mg/Kg, este parámetro cumple por lo establecido por el protocolo de Loussiana 29B, el rango Max es de 420 ppm.

**Plomo:** El valor encontrado es de  $< 18$  mg/Kg, Sin embargo, el rango de toxicidad cumple por lo propuesto en el protocolo de Loussiana 29B el rango es hasta Max 500 ppm.

**Zinc:** El lodo muestreado presento un valor de 107 mg/Kg, sin embargo una vez realizado el proceso de biodegradación de estos lodos se procedió a realizar toma de muestra final arrojando como 92,3 mg/Kg es decir qué valor concentrado disminuyo, se destaca que el rango establecido por el protocolo de Loussiana 29B contempla un rango normal hasta Max 500 ppm, por lo tanto el Zn cumple por lo establecido por la normatividad internacional.

**Mercurio:** La presencia de mercurio en el lodo de esta piscina es de  $< 1,8$  mg/Kg es decir que hay una menor concentración de mercurio, por lo anterior se determina que dichos valores están por debajo de los límites permisibles en los lodos según el protocolo de Loussiana 29B.

En general las demás concentraciones de los metales pesados analizados, en los lodos de la piscina CSB 1045 están por debajo de los niveles de toxicidad, dando cumplimiento a la normatividad protocolo de Loussiana 29B.

Una vez terminado el proceso de biorremediación, se procedió a realizar nuevamente toma de muestras de laboratorio, para revisar la efectividad del tratamiento y así garantizar la recuperación ambiental de estas piscinas.

### **RESULTADO FÍSICO Y QUÍMICOS DE MUESTRA PISCINA CSB 801**

Se evaluaron los parámetros más relevantes de pH, TPH, Temperatura, Grasa y aceites y Humedad porque son los parámetros que establece el protocolo de Loussiana 29B. Los resultados obtenidos en la piscina CSB 801, se presentarán en la tabla 3.

Tabla 5. Tabla de Resultados Piscina del Pozo Casabe 801, con parámetros más relevantes.

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	REFERENCIA PROTOCOLO LOUSSIANA 29B
<b>pH</b>	Und pH	4,53	6,16	6,00 - 9,00
<b>TPH</b>	mg TPH/Kg	2,5512	0,2617	<1
<b>Temperatura</b>	°C	29,8	29,4	30°
<b>Grasas y Aceites</b>	mg/Kg	3,675	2,430	< 1000
<b>Humedad</b>	%H	2,62	3,68	< 50 %

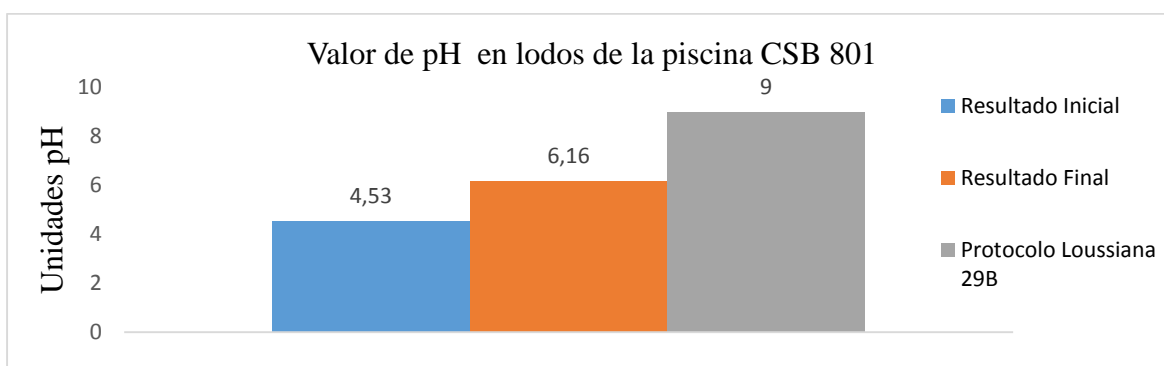
Fuente: Laboratorio Lasertec S.A.S

### ANÁLISIS DE RESULTADOS PISCINA 801

**pH:** La reacción del pH en los lodos de estas piscinas nos está indicando la acidez o alcalinidad del de estos lodos. La importancia del pH en los lodos es un factor importante para el desarrollo y crecimiento de las bacterias Land Recovery Plus.

Las muestras tomadas presentaron lodos ácidos, con valores cercanos a 4,53 unidades (Tabla 3) y (Grafica 3). Los resultados de laboratorio determinan un incumplimiento del rango establecido en la norma Louisiana 29B, al ser inferiores a seis (6) unidades, sin embargo, el tratamiento que se le dio para normalizar el pH en los lodos fue la aplicación de cal a las piscinas, logrando obtener un resultado de 6,16 unidades acuerdo a lo establecido por el protocolo de Louisiana 29B. (Tabla 1) y (Gráfica 8).

Gráfica 9. Toma Analizada pH Piscina Pozo Casabe 801

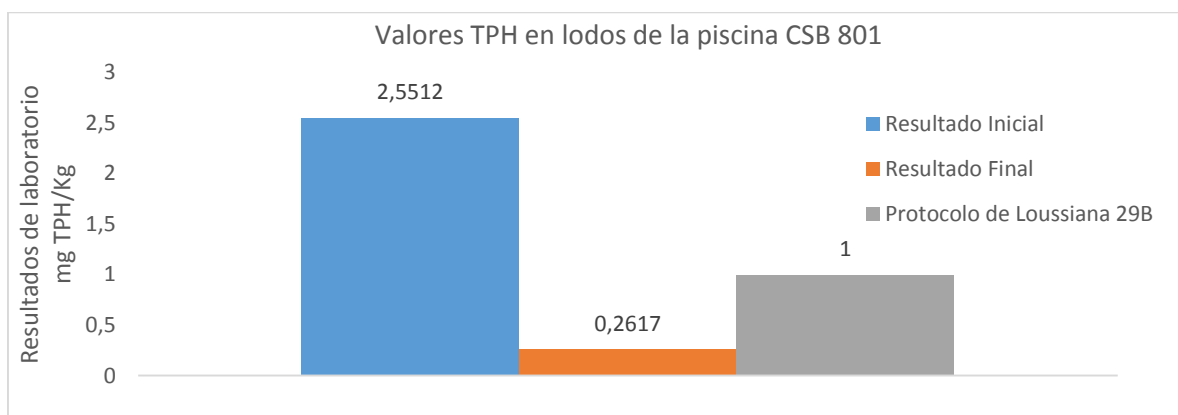


Autor: Rito Nieto Ospina.

**TPH:** El protocolo de Luisiana tiene establecido un rango de < 1 mg TPH/Kg, correspondiente con lo antes mencionado se observó que el resultado de laboratorio arrojó 2,5512 mg TPH/Kg, en

este caso este resultado no cumple con los parámetros establecidos, se inicia el proceso de biodegradación de lodos mediante la inoculación de bacterias Land Recovery, para disminuir la cantidad de hidrocarburo que había en el lodo, obteniendo como resultado final un resultado de 0,2617 mg TPH/Kg, cumpliendo con los establecido en el protocolo de Luisiana, sin embargo este resultado tiende a seguir disminuyendo debido a la actuación de las bacterias en el proceso de biodegradación. Ver (Gráfica 9).

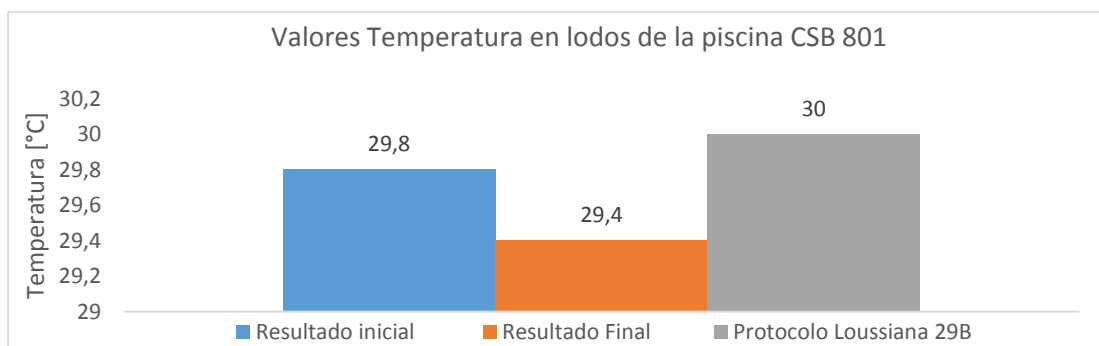
Gráfica 10. Toma Analizada TPH Piscina Pozo Casabe 801



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

**Temperatura:** La temperatura que presentaban los lodos al momento de la toma de las muestras era de 29,8°, una temperatura relativamente alta debido a que en el momento de la toma los lodos se encontraban a la intemperie, pero aun así la temperatura se encuentra en una escala acorde con el límite del protocolo Luisiana 29B. Ver (Gráfica 10).

Gráfica 11. Toma Analizada Temperatura Piscina Pozo Casabe 801



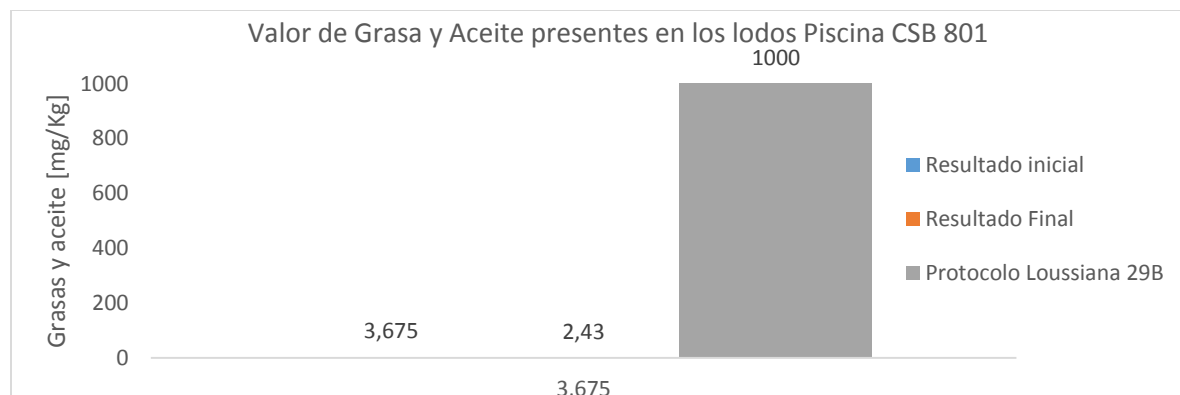
**Autor:** Rito Nieto Ospina.

**Grasas y aceite:** En el tema de grasas y aceites, se incluyen no sólo los hidrocarburos del petróleo (HTP) sino también los compuestos orgánicos de otras fuentes (vegetales, animales), por



tal razón, los lodos en si contienen un sin fin de componentes que a su vez estabilizan las propiedades del mismo, en los lodos evaluados se obtuvo un resultado de 3,675 mg/Kg, y mediante la aplicación del proceso de biodegradación obtuvo un resultado final de 2,430 mg/Kg, Como generalidad los resultados obtenidos se consideran normales de acuerdo con el límite de <10000 mg/kg establecido en el Protocolo de Louisiana 29B. Ver (Gráfica 11).

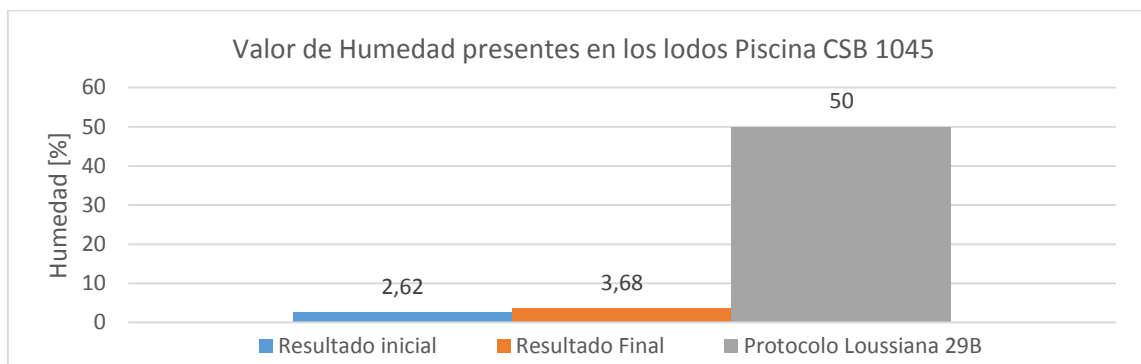
Gráfica 12. Toma Analizada Grasa y Aceite Piscina Pozo Casabe 801



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

**Humedad:** Las piscinas del pozo CSB 801 mostraron unos porcentajes de humedad bajos, donde se presentó un valor inicial de 2,62 % y al finalizar la biodegradación de los lodos, obtuvimos como resultado 3,68 %, esto debido a la gran proporción de agua que tenía la piscina así las cosas el rango de variación de este parámetro se encuentra en una escala acorde con el límite del Protocolo Louisiana 29B, teniéndose resultados inferiores al 50% en cuanto a la humedad, este resultado es de gran importancia para el biotratamiento de estos lodos ya que es uno de los factores que influyen en la vida de las bacterias Land Recovery. Ver (Gráfica 12).

Gráfica 13. Toma Analizada humedad lodos Piscina Pozo Casabe 801



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

La siguiente tabla establece el grado de toxicidad en cuanto a metales pesados presente en los lodos de la piscina.

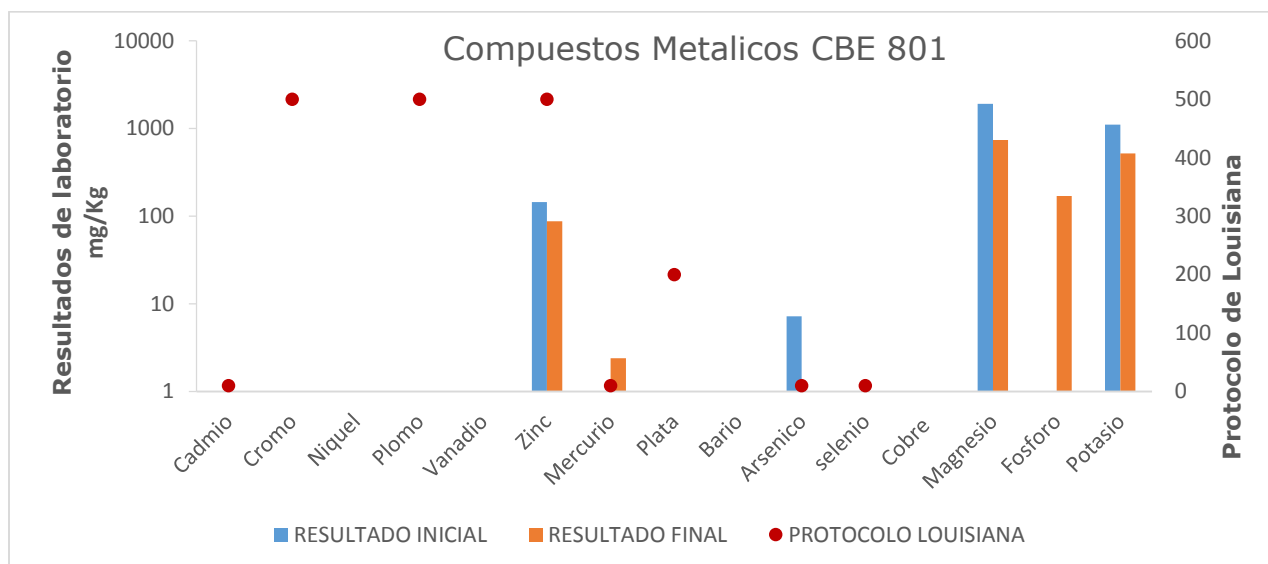
Tabla 6. Tabla de Resultados con metales pesados en la Piscina del Pozo Casabe 801.

PARAMETROS	UNIDAD	RESULTADO INICIAL	RESULTADO FINAL	VALORES DE REFERENCIA PROTOCOLO LOUSSIANA 29B.
<b>Nitrógeno</b>	mg/Kg N	657	672	N.E
<b>Cadmio</b>	mg/Kg Cd	< 1,8	< 1,8	Max 10 ppm
<b>Cromo</b>	mg/Kg Cr	< 18	< 18	Max 500 ppm
<b>Níquel</b>	mg/Kg Ni	< 1,8	< 1,8	Max 420 ppm
<b>Plomo</b>	mg/Kg Pb	< 18	< 18	Max 500 ppm
<b>Vanadio</b>	mg/Kg V	< 50	< 50	N.E
<b>Zinc</b>	mg/Kg Zn	107	92,3	Max 500 ppm
<b>Mercurio</b>	mg/Kg Hg	< 1,8	< 1,8	Max 10 ppm
<b>Plata</b>	mg/Kg Ag	< 18	< 18	Max 200 ppm
<b>Bario</b>	mg/Kg Ba	75	40	Max 20000 ppm
<b>Arsénico</b>	mg/Kg As	< 1,8	3,6	Max 10 ppm
<b>Selenio</b>	mg/Kg Se	< 1,8	< 1,8	Max 10 ppm
<b>Cobre</b>	mg/Kg Cu	< 1,8	< 1,8	Max 1500 ppm
<b>Hierro</b>	mg/Kg Fe	20376	37917	N.E
<b>Magnesio</b>	mg/KgMg	1085	970	N.E
<b>Fosforo</b>	mg/Kg P	<69,5	<69,5	N.E
<b>Potasio</b>	mg/Kg K	1008	923	N.E
<b>Pesticidas Organoclorados</b>	mg/Kg	<0,00967	<0,00967	

<b>Plaguicidas Organofosforados</b>	mg/Kg	<0,00977	<0,00977	N.E
<b>Relación de absorción de sodio</b>	%	0,89	0,89	<12%

Fuente: Laboratorio Lasertec S.A.S

Gráfica 14. Toma Analizada Piscina Pozo Casabe 801



Autor: Rito Nieto Ospina.

## ANÁLISIS DE RESULTADOS METALES PESADOS PISCINA POZO CSB 801

A continuación se realiza el análisis de resultados de los metales pesados más relevantes que se encontraron en las piscinas de los pozos CSB 801.

**Nitrógeno:** El valor del nitrógeno encontrado en la piscina a intervenir fue 657 mg/Kg sin embargo una vez realizado el proceso de biodegradación de estos lodos se procedió a realizar toma de muestra final arrojando como 672 mg/Kg es decir qué valor concentrado aumento, sin embargo se destaca que el protocolo de Loussiana 29B no estable un rango para este metal.

**Cadmio:** El Cd encontrado tiene un resultado de <1,8 mg/Kg, es decir que hay una menor concentración de cadmio, por lo anterior se determina que dichos valores están por debajo de los límites máximos permisibles en suelos según el protocolo de Loussiana 29B.

**Cromo:** El resultado inicial hallado en las muestras de lodos alcanzo  $< 18$  mg/Kg, se logra concluir que este parámetro cumple por lo establecido por el protocolo de Loussiana 29B, sin embargo el rango tóxico está entre máx. 500 ppm.

**Níquel:** El níquel encontrado en los lodos es de  $< 1,8$  mg/Kg, este parámetro cumple por lo establecido por el protocolo de Loussiana 29B, el rango Max es de 420 ppm.

**Plomo:** El valor encontrado es de  $< 18$  mg/Kg, Sin embargo, el rango de toxicidad cumple por lo propuesto en el protocolo de Loussiana 29B el rango es hasta Max 500 ppm.

**Zinc:** El lodo muestreado presento un valor de 107 mg/Kg, sin embargo una vez realizado el proceso de biodegradación de estos lodos se procedió a realizar toma de muestra final arrojando como 92,3 mg/Kg es decir qué valor concentrado disminuyo, se destaca que el rango establecido por el protocolo de Loussiana 29B contempla un rango normal hasta Max 500 ppm, por lo tanto el Zn cumple por lo establecido por la normatividad internacional.

**Mercurio:**  $< 1,8$  mg/Kg es decir que hay una menor concentración de mercurio, por lo anterior se determina que dichos valores están por debajo de los límites máximos permisibles en suelos según el protocolo de Loussiana 29B.

En general las demás concentraciones de los metales pesados analizados, en los lodos de la piscina CSB 801 están por debajo de los niveles de toxicidad, dando cumplimiento a la normatividad protocolo de Loussiana 29B.

Una vez terminado el proceso de biorremediación, se procedió a realizar nuevamente toma de muestras de laboratorio, para revisar la efectividad del tratamiento y así garantizar la recuperación ambiental de estas piscinas.

## **CANTIDADES DE INSUMOS PARA EL TRATAMIENTO**

Para la biodegradación de la piscina del pozo casabe 1045 se utilizaron  $2.555$  m<sup>3</sup> de material de cantera (Sum. Material gravo - arcilloso (60%-40%) 1" máximo para remediación).

Se debe tener en cuenta los resultados de laboratorio y entre ellos se revisa el pH del material o lodo a biodegradar si tiene un pH menor 7%, se le debe aplicar cal (0.5 Kg/m<sup>3</sup> de mezcla), y esperar una semana para que el pH neutralice completamente la muestra.

Tabla 7 Área y Volumen Piscina CSB 1045

CUADRO DE ÁREA Y VOLUMENES			
PISCINA CSB 1045			
<b>Área</b>		1.277,70	m <sup>2</sup>
<b>Profundidad</b>	<b>Volumen</b>		
<b>2,80</b>	Volumen en Total	4.471,95	m <sup>3</sup>
<b>1,50</b>	Volumen en agua	2.555,40	m <sup>3</sup>
<b>1,30</b>	Volumen en lodo	1.916,55	m <sup>3</sup>

Fuente: Seima Ltda

### CANTIDADES DE INSUMOS PARA EL TRATAMIENTO DE LA PISCINA CSB 801

Para la biodegradación de la piscina del pozo casabe 801 se utilizaron 5.020 m<sup>3</sup> de material de cantera (Sum. Material gravo - arcilloso (60%-40%) 1" máximo para remediación).

Para la biodegradación de la piscina del pozo casabe 1045 se utilizaron 2.555 m<sup>3</sup> de material de cantera (Sum. Material gravo - arcilloso (60%-40%) 1" máximo para remediación).

Se debe tener en cuenta los resultados de laboratorio y entre ellos se revisa la el pH del material o lodo a biodegradar si tiene un Ph menor 7%, se le debe aplicar cal (0.5 Kg/m<sup>3</sup> de mezcla), y esperar una semana para que el pH neutralice completamente la muestra.

Tabla 8. Área y Volumen Piscina CSB 801

CUADRO DE AREA Y VOLUMENES			
PISCINA CSB 801			
<b>Área</b>		3.346,60	m <sup>2</sup>
<b>Profundidad</b>	<b>Volumen</b>		
<b>2,70</b>	Volumen en Total	9.035,28	m <sup>3</sup>
<b>1,50</b>	Volumen en agua	5.019,60	m <sup>3</sup>
<b>1,20</b>	Volumen en lodo	4.015,68	m <sup>3</sup>

Fuente: Seima Ltda



*Ilustración 2. Recibo de Tierra Limpia de Cantera Pozo Casabe 1045*



**Autor:** Rito Neto Ospina

*Ilustración 3. Recibo de Tierra Limpia de Cantera Pozo Casabe 801*



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

## **BIODEGRADACIÓN DE LODOS IMPREGNADO DE HIDROCARBUROS**

La actividad de Biodegradación de lodos impregnado de hidrocarburos, en la piscina del pozo Casabe 1045 y 801 inicio el día 01 de junio de 2018 y finalizó el día 20 de junio de 2018.

Este procedimiento de biodegradación de lodos se realizó por medio de inoculación de bacterias Land Recovery suministradas por el laboratorio GEOTECH, la técnica utilizada fue Land Farming donde el lodo contaminado fue mezclado y/o homogenizado con material limpio o recebo de cantera con la proporción 1:1 dependiendo de los contenidos de TPH presentes en la muestra.

Se debe tener en cuenta los resultados de laboratorio y entre ellos se revisa la el pH del material o lodo a biodegradar si tiene un Ph menor 7%, se le debe aplicar cal (0.5 Kg/m<sup>3</sup> de mezcla), y esperar una semana para que el pH neutralice completamente la muestra.

Neutralizado el material el lodo contaminado será mezclado con material de cantera, o tierra limpia dicha cantera debe tener registro minero y licencia ambiental vigente.

Se realizó aplicación de material de cantera según requerimiento del cliente, una vez mezclado el lodo con material de cantera se hará la aplicación de las bacterias biorreductoras en proporción de 1:1 ó 1:2 dependiendo de los contenidos de TPH presentes en la muestra. La dosis de las bacterias se hará por aplicaciones de 0.5 litro por m<sup>3</sup> de lodo.

Las bacterias se podrán aplicar en forma de caldos microbianos o de forma sólida directa al material de mezcla y con la utilización de retroexcavadoras de oruga ancha, se debe revolver constantemente hasta obtener una mezcla homogénea.

Cuando la mezcla está totalmente homogénea, se extenderá finalmente las eras de tratamiento espesor no superior a 60 centímetros para facilitar la oxigenación de la mezcla, elemento importante para un buen desempeño de las bacterias bio-reductoras.

Al extender el material se debe tener en cuenta realizar pendientes inferiores al 5% para evitar el arrastre por lluvia y separación entre eras de 6 metros. El suelo debe tener condiciones favorables para evitar percolaciones (suelos arcillosos o compactados).



Las cepas de microorganismos utilizados podrán ser cualquier bacteria que garantice mejores resultados de remoción de TPH.

El lodo se considerará debidamente tratado, cuando las pruebas de TPH estén por debajo de 1 %, la humedad sea menor al 30% y que el porcentaje de metales pesados estén preferiblemente dentro del 4741/05 del MAVDT análisis metales pesados Res 0062/07 del IDEAM.

La humedad de la mezcla durante el proceso de biorremediación debe estar entre 30 – 40%, para lo cual se requiere que en épocas de verano se realice el riego además del caldo microbiano con agua, siempre y cuando las condiciones climáticas lo exijan.

Una vez hecha la biodegradación realizar las adecuaciones paisajísticas del terreno con la correspondiente siembra de pasto nativo en las zonas recuperadas y el retiro de la maquinaria.

*Ilustración 4. Aplicación de Bacterias y Biodegradación de Lodos en el Pozo Casabe 1045.*







**Autor:** Rito Nieto Ospina

*Ilustración 5. Aplicación de Bacterias y Biodegradación de Lodos en el Pozo Casabe 801.*





**Autor:** Rito Nieto Ospina

### **SEGUIMIENTO AL PROCESO DE HOMOGENIZACIÓN Y AIREACIÓN DE LOS LODOS DURANTE EL TRATAMIENTO.**

Se realizó seguimiento al proceso de homogenización y aireación de los lodos de las piscinas de los pozos casabe 1045 y 801 inició el día 03 de junio de 2018 y finalizo el 20 de junio de 2018, este proceso se realizó cumpliendo con los criterios establecidos en el Manual Especificaciones Técnicas de ECOPETROL S.A.

Para el proceso de homogenización de los lodos aceitosos de la piscina CSB 1045 se utilizaron 2.555 m<sup>3</sup> de material de cantera, para la piscina CSB 801 se utilizaron 5.020 m<sup>3</sup>, y para el proceso de aireación se utilizaron 3 retroexcavadoras de oruga las cuales se encargaron de revolver esporádicamente la mezcla para oxigenarla a unos 0.4mts, voltear, esparcir y mezclar los lodos y las bacterias LAND RECOVERY en dichas piscinas.

El volteo que se realizó en el proceso de biorremediación, permitió la aireación para la oxidación de los hidrocarburos, también permitió mejorar la volatilización de los mismos. Este proceso es recomendado por el manual de especificaciones técnica del contrato.

Cuando la mezcla estuvo totalmente homogenizada, se extendió finalmente las áreas de tratamiento con un espesor no superior a 60 centímetros para facilitar la oxigenación de la mezcla, elemento importante para un buen desempeño de las bacterias bio-reductoras.



*Ilustración 6. Proceso Homogenización y Aireación de Lodos en el Pozo Casabe 1045.*



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

*Ilustración 7. Proceso Homogenización y Aireación de Lodos en el Pozo Casabe 801.*







**Autor:** Rito Nieto Ospina.

### **AVANCE DEL PROCESO DE DEGRADACIÓN BIOLÓGICA DE LODOS**

Durante el avance del proceso de degradación se realizó los monitoreos necesarios con el fin de garantizar un proceso de remediación con resultados óptimos, dando cumplimiento a los criterios establecidos por la autoridad ambiental, regulado por el “ (Sostenible, 2005)” y el Protocolo de Louisiana 29B). (R.S, 2017)

Estos monitoreos consistieron en el análisis de la concentración de hidrocarburos presente en la mezcla, labor que debe ser adelantada por un laboratorio Lasertec S.A.S ubicado en la ciudad de Barrancabermeja Santander, el cual se encuentra certificado por el IDEAM. Los análisis se realizaron para determinar la concentración de hidrocarburos presente en el lodo; durante, (pruebas de tratabilidad) para determinar la eficiencia del tratamiento y al final, como condición para el recibo y aceptación por parte de ECOPETROL S.A.

El lodo se consideró debidamente tratado, cuando las pruebas de TPH estuvieron por debajo de 1 %, la humedad sea menor al 30% y que el porcentaje de metales pesados estén preferiblemente dentro del 4741/05 del MAVDT análisis metales pesados Res 0062/07 del IDEAM. (IDEAM, 2007)

Para el proceso de biodegradación de los lodos de la piscina del pozo casabe 1045 y 801 se realizó avance del proceso de degradación biológica como lo establece el protocolo de Louisiana 29B, con el fin de verificar el avance de la remediación. (R.S, 2017)

Durante el avance del proceso de degradación fue importante tener en cuenta algunas recomendaciones por parte de ECOPETROL, el cual estaban plasmadas en el Manual de Especificaciones Técnicas del Contrato:

**pH:** El pH debe ser monitoreado y debe mantenerse en su rango de 6,0 a 9, esto es un dato positivo ya que, si no mantenemos el rango, las bacterias pueden morir y el proceso de biorremediación no hará efectos.

**Temperatura:** Debe ser monitoreada ya que existe una relación directa entre la temperatura y la biodegradación, a mayor temperatura disminuye la viscosidad de los hidrocarburos mejorando la disponibilidad del carbono presente para los microorganismos, pero incrementa la toxicidad de los mismos inhibiendo la actividad microbiana, y a bajas temperaturas se retrasa los procesos metabólicos y disminuye la volatilización.

**Humedad:** Existe una relación directa entre la temperatura y la biodegradación, a mayor temperatura disminuye la viscosidad de los hidrocarburos mejorando la disponibilidad del carbono presente para los microorganismos, pero incrementa la toxicidad de los mismos inhibiendo la actividad microbiana (Castro, 2014), y a bajas temperaturas se retrasa el proceso metabólico y disminuye la volatilización, generando la muerte de las bacterias, el rango ideal es entre de la humedad es entre 50 y el 75 % de la capacidad de campo o valores entre el 30 y 90% de saturación del suelo ya que en valores menores se presenta inhibición (Castro, 2014).

Así las cosas, durante este proceso se logró monitorear los factores anteriormente mencionados, los cuales permitieron que el proceso de biorremediación se llevara a cabo cumpliendo con los estándares establecidos en las especificaciones técnicas del contrato y el protocolo de Louisiana 29B.



*Ilustración 8. Avance de Degradación Biológica de Lodos en el Pozo Casabe 1045*



**Autor:** Rito Nieto Ospina.



*Ilustración 9. Avance de Degradación Biológica de Lodos en el Pozo Casabe 801.*



**Autor:** Rito Nieto Ospina.

## CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de esta pasantía se pudo establecer que la biorremediación de lodos impregnados con hidrocarburos *in situ* por Land Forming en conjunto con el proceso de inoculación de bacterias, que se implementó en las piscinas de los pozos CSB 1045 y 801 mostró ser una técnica efectiva, fácil de aplicar y de bajo costo, que contribuyó a la degradación de los hidrocarburos bajo determinadas condiciones de homogenización y de aireación.

Se evidencio que para llevar a cabo el proceso óptimo de biorremediación de las piscinas de los pozos CSB 1045 y 801, fue importante controlar variables como: Temperatura, pH, humedad y oxígeno, este último considerado uno de los factores más limitantes en los procesos de biodegradación de hidrocarburos, su disminución o baja disponibilidad puede impedir el crecimiento bacteriano en estos lodos.

De acuerdo a los resultados de los análisis de laboratorio realizados después del proceso de biorremediación a estos lodos de las piscinas de los pozos CSB 1045 y 801, se determinó que el suelo mantiene su productividad pastoril debido al aumento de nutrientes.

Se evidencio que la contaminación de suelos o lodos impregnados por hidrocarburos pueden ser tratados *in situ* y recuperados ecológicamente con la biorremediación, basada en la técnica Land Forming.

En nuestro municipio Ecopetrol como empresa estatal está comprometida con el medio ambiente.



## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda actualizar los procedimientos de biodegradación de los lodos impregnados por hidrocarburos que tiene la empresa Seima Ltda, con el fin de estandarizarlos de acuerdo a las especificaciones técnicas de la operadora en este caso Ecopetrol.

Para que se desarrolle correctamente los procedimientos de biorremediación, se hace necesaria la capacitación del personal no profesional en el desarrollo de todas las labores que estén a su cargo y en la debida ejecución de las medidas de manejo ambiental propuestas.

Se recomienda brindar capacitación referente al uso de productos como los microorganismos Land Recovery Plus los cuales se aplican en el proceso de biorremediación de los lodos en este campo.

Durante el proceso de biorremediación se recomienda recibir en las piscinas como material de cantera la tierra roja ya que permite que el proceso de homogenización y aireación sea eficaz.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ecopetrol S.A.S. (10 de 11 de 2017). *Colombia Licita*. Obtenido de <https://colombialicita.com/licitacion/60940451>
2. IDEAM. (2007). *Análisis de Metales pesados Resolución 0062/07 del IDEAM*. Bogotá DC.
3. Jiménez, D. (2006). Estudio de Impacto Ambiental generado por derrame de hidrocarburos sobre una zona, aledaña al Terminal de Ecopetrol. (*Tesis de pregrado*). Universidad de la Salle, Bogota, Colombia.
4. Pineda, J. (2016). *Importancia del Medio Ambiente*. Obtenido de <https://encolombia.com/medio-ambiente/interes-a/importancia-del-medio-ambiente/>
5. R.S, P. i. (2017). *Promulgated by the Department of Natural Resources, Office of Conservation*.
6. Solano, G. (2015). *Políticas de Medio Ambiente*. Yondó Antiquia.
7. Sostenible, M. d. (2005). *Decreto 4741 de 2005 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)*, “por lo cual se reglamente parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral. Bogota DC.
8. Saval, S., y Lesser, J. (2000). *Una Experiencia de Caracterización y Remediación de un Suelo Arcilloso Contaminado con Hidrocarburos*. Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales. Morelia, México., Federación Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Ambientales.
9. Rodríguez, L. (2008). *Evaluación de Dos Sustratos en la Técnica de Land farming Para el Tratamiento de Suelos Contaminados con Hidrocarburos*. Ingeniería en Biotecnología

*Ambiental. Escuela de Ciencias Químicas. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Ecuador.*

10. Arroyo, M., Quesada, E., Quesada R., Geocisa, J. (2001). *Aplicación de Sistemas de Biorremediación de Suelos y Aguas Contaminadas por Hidrocarburos. Div. Protección Ambiental de Suelos. España.*
11. Benavides, L. y Quintero, G. (2006). *Biorremediación de Suelos Contaminados con Hidrocarburos Derivados del Petróleo. Publicación Científica Nova 4: 4.*
12. Vargas, P., Cuéllar, R., y Dussán, J. (2004). *Biorremediación de Residuos del Petróleo. Ecopetrol. Hipótesis. Apuntes Científicos Uniandinos No. 4. Colombia.*
13. Castro, J. L. P., Rojas, M. C. P., & de Mesa, J. B. L. (2004). *Efecto de la adición de fertilizantes inorgánicos compuestos en la degradación de hidrocarburos en suelos contaminados con petróleo. Nova, 2(2).*
14. Ecopetrol. S.A.S, (2017) *Especificaciones Técnicas desincorporación de piscinas de los campos pertenecientes a la gerencia de operaciones de desarrollo y producción del río de Ecopetrol s.a.*