

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

**Estudio de prefactibilidad y plan de gestión para la construcción de una planta de
tratamiento de lodos aceitosos residuales provenientes de los tanques de almacenamiento
de la Refinería de Cartagena y el Terminal Néstor Pineda (TNP)**

Autores:

Adriana Paulina Argumedo Bossio

Hugo Fabián Méndez Salazar

William Ricardo Cruz Herrera

**TRABAJO INTEGRADOR PRESENTADO COMO REQUISITO PARCIAL PARA
OPTAR POR EL TÍTULO DE ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS**

CARTAGENA DE INDIAS D.T. y C., Colombia

Noviembre, 2011

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

**Trabajo integrador presentado como requisito parcial para optar por el título de
especialista en gerencia de proyectos**

DIRECTOR

Adriana Paulina Argumedo Bossio

Hugo Fabián Méndez Salazar

William Ricardo Cruz Herrera

ESTUDIANTES

Cartagena de Indias D.T. y C., Noviembre de 2011

Nosotros, Adriana Paulina Argumedo Bossio identificada con cédula de ciudadanía N.1128.046.700, Hugo Fabián Méndez Salazar identificado con cédula de ciudadanía N.13.512.753 y William Ricardo Cruz Herrera identificada con cédula de ciudadanía N.79.971.830, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catálogo online de la biblioteca.

Adriana Paulina Argumedo Bossio
CC. 1128.046.700

Hugo Fabián Méndez Salazar
CC.13.512.753

William Ricardo Cruz Herrera
CC. 79.971.830

Debe registrarse esta autorización ante notario público

Cartagena de Indias D.T. y C., Noviembre de 2011

Señores:

Universidad Tecnológica de Bolívar

Comité Evaluación de Proyectos

Especialización en Gerencia de Proyectos

Respetados señores

Por medio de la presente me dirijo a ustedes para informarles que asesoré a los estudiantes Adriana Paulina Argumedo Bossio, Hugo Fabián Méndez Salazar y William Ricardo Cruz Herrera durante la elaboración del trabajo integrador titulado: **“Estudio de prefactibilidad y plan de gestión para la construcción de una planta de tratamiento de lodos aceitosos residuales provenientes de los tanques de almacenamiento de la Refinería de Cartagena y el Terminal Néstor Pineda (TNP)”** correspondiente al programa de Gerencia de Proyectos, y que cumple con los requisitos de su trabajo de grado.

Atentamente,

Jairo Ramírez Iriarte

RESUMEN EJECUTIVO

En este trabajo se presenta un estudio de factibilidad y el plan de gestión para la construcción de una planta de tratamiento de lodos aceitosos residuales provenientes de los tanques de almacenamiento de la Refinería de Cartagena y el Terminal Néstor Pineda (TNP), el cual incluye el estudio de mercado, estudio técnico, evaluación ambiental, financiera y de riesgos, además del estudio del entorno y la metodología implementada junto con su plan de gestión.

El análisis del entorno plantea cómo la legislación ambiental actual y las políticas de las empresas cada día más comprometidas con el ambiente; requieren de mejores y más eficientes métodos para el tratamiento de los hidrocarburos contenidos en los lodos.

En el estudio técnico se realiza la localización más óptima mediante la identificación de clientes potenciales, disponibilidad de materias primas, herramientas, insumos, etc. Adicionalmente se determina el tamaño de la planta teniendo en cuenta la población de tanques de almacenamiento y la frecuencia de mantenimiento del cliente potencial.

En la ingeniería fueron determinados los insumos, suministros, herramientas y equipos requeridos para el proceso de transformación, el cual se presenta con su diagrama detallado del proceso y producto final. Junto con esto; los parámetros de calidad mínimos requeridos

Se concluye que al nivel de estudio de prefactibilidad desde el punto de vista comercial, técnico y financiero resulta viable el montaje y operación de la planta propuesta.

1.	INTRODUCCIÓN	16
2.	PRELIMINARES	16
	2.1 ANTECEDENTES.....	16
	2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
	2.3 JUSTIFICACIÓN	18
3.	OBJETIVOS	18
	3.1 OBJETIVO GENERAL	18
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
4.	MARCO TEÓRICO.....	20
5.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	24
6.	ESTUDIO DEL ENTORNO	26
	6.1 ANÁLISIS DEL SECTOR.....	26
	6.1.1. Tendencias económicas, legales, ambientales y sociales del sector	26
	6.1.2. Tendencia de la variable tecnológica	27
	6.1.3. Amenazas de nuevos competidores	27
	6.1.4. Intensidad de la rivalidad de los competidores actuales	27
	6.1.5. Riesgos y tendencias de productos sustitutos.....	28
	6.1.6. Tendencias de los proveedores del sector	28
	6.1.7. Tendencias del cliente y del usuario final	29
	6.1.8. Conclusiones generales del sector	29
	6.2 ANÁLISIS FODA COMPETITIVO DEL PROYECTO	29
7.	ESTUDIO DE MERCADO	31
	7.1 MARCO GLOBAL	32
	7.2 MARCO LOCAL	44
	7.3 DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO.....	44

7.4 ANÁLISIS DE LA DEMANDA.....	46
7.5 ANÁLISIS DE OFERTA	51
7.5.1 Servicios sustitutos	52
7.5.2 Competidores indirectos	54
7.6 VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.....	54
7.7 PRECIO	55
7.8 CANALES DE DISTRIBUCIÓN	55
7.9 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO	56
8. ESTUDIO TÉCNICO.....	57
8.1 TAMAÑO DE LA PLANTA (CAPACIDAD INSTALADA ÓPTIMA).....	57
8.2 LOCALIZACIÓN ÓPTIMA	58
8.3 INGENIERÍA DEL PROYECTO	60
8.3.1 Proceso productivo.....	61
8.3.1.1. Estado inicial.....	61
8.3.1.2. Proceso transformador	61
8.3.1.3. Producto final	64
8.3.2 Programa de producción	66
8.3.3. Distribución de la planta.....	69
8.3.3.1 Posibilidades de expansión	70
8.3.4. Control de calidad del proceso	71
8.3.5. Balance de materiales y energía	72
8.3.6 Organigrama.....	73
9. ESTUDIO LEGAL Y AMBIENTAL	75
9.1 MARCO LEGAL.....	75
9.2 ENTRADAS Y SALIDAS AL SISTEMA.....	76

9.3	MATRIZ ASPI-FARI.....	77
9.4	MATRIZ LEOPOLD DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.....	78
9.5	ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	79
9.6	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL	79
10.	EVALUACIÓN FINANCIERA	81
10.1	INVERSIONES.....	81
10.1.1	Inversión Fija.....	81
10.1.2	Inversión Pre-operativa	83
10.1.3	Depreciación de la Inversión fija.....	84
10.1.4	Capital de Trabajo.....	85
10.1.5	Inversión Inicial Total	85
10.2	COSTOS.....	86
10.3	GASTOS.....	87
10.4	WACC Y FINANCIACIÓN	87
10.5	DETERMINACIÓN DEL PERÍODO DE EVALUACIÓN (n).....	88
10.6	VALOR DE DESECHO (Vd).....	88
10.7	FLUJOS DE CAJA DEL PROYECTO.....	88
11.	ESTUDIO DE RIESGOS DEL NEGOCIO	90
11.1	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	90
11.2.	VALORACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS	91
11.3.	PLAN DE RESPUESTA A RIESGOS	92
11.4.	VALORACIÓN CUANTITATIVA DE RIESGOS.....	93
11.5	PONDERACIÓN DE RIESGOS Y VULNERABILIDAD.....	95
12.	PLAN PARA LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO	97
12.1.	GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN	97

12.1.1. Project Charter	98
12.1.2. Solicitud de cambios	102
12.2. DESARROLLO DEL PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO.....	105
12.3. GESTION DEL ALCANCE	105
12.3.1 Plan de Gestión del Alcance	105
12.3.2 Plan de Gestión de Requisitos.....	109
12.3.3 Línea Base del Alcance.....	109
12.3.3.1. Enunciado del Alcance.....	109
12.3.3.2. EDT (Estructura de Desglose de Trabajo)	113
12.3.3.3. Diccionario de la EDT.....	115
12.4 GESTIÓN DEL TIEMPO	117
12.4.1. Plan de Gestión del Cronograma.....	117
12.4.2. Estimado de tiempo del proyecto	¡Error! Marcador no definido.
12.4.3 Línea Base del Cronograma	120
12.5. GESTIÓN DE LOS COSTOS.....	123
12.5.1 Plan de gestión de costos.....	123
12.5.1.1 Estimación de los costos	123
12.5.1.2 Determinación del presupuesto	125
12.5.1.3 Control de los costos	126
12.6. GESTIÓN DE LA CALIDAD.....	126
12.6.1. Plan de calidad del proyecto.....	126
12.6.1.1 Descripción del proyecto.....	127
12.6.1.2. Normas y estándares aplicables	127
12.6.1.3. Organigrama.....	128
12.6.1.4. Matriz de roles y responsabilidades	128

12.6.1.5. Listado de procedimientos	129
12.6.1.6. Listas de chequeo	131
12.6.2. Aseguramiento de la calidad del proyecto	133
12.6.3. Control de la calidad del proyecto.....	133
12.6.4. Plan de mejoras del proceso	134
12.7. PLAN DE RECURSOS HUMANOS.....	135
12.7.1. Organigrama	135
12.7.2. Roles y responsabilidades	136
12.7.3. Plan para la Dirección de Personal.....	137
12.8. PLAN DE GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES	138
12.9. PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS	140
12.9.1. Roles y responsabilidades	140
12.9.2. Definiciones de la probabilidad e impacto de los riesgos	141
12.9.3. Matriz de probabilidad e impacto	141
12.10. PLAN DE GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES	142
12.11. CALENDARIO DE EVENTOS.....	145
CONCLUSIONES	145
BIBLIOGRAFÍA	147
ANEXOS.....	149

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamiento de lodos por centrifugación en Reficar S.A. – años 2004 al 2008

Tabla 2. Generación anual de lodos aceitosos en Reficar S.A. y T.N.P.

Tabla 3. Empresas que realizan el tratamiento de lodos aceitosos en Colombia.

Tabla 4. Datos técnicos de las tricanter Flottweg

Tabla 5. Variables para la localización.

Tabla 6. Suministros del proceso de tratamiento de lodos.

Tabla 7. Equipos y herramientas

Tabla 8. Programa de producción en Reficar y TNP hasta el 2019

Tabla 9. Cargas del proceso

Tabla 10. Especificaciones de combustible para la planta eléctrica.

Tabla 11. Salarios

Tabla 12. Marco legal ambiental

Tabla 13. Plan de manejo ambiental

Tabla 14. Inversión fija del proyecto

Tabla 15. Inversión pre-operativa

Tabla 16. Depreciación de la inversión fija del proyecto

Tabla 17. Cálculo del capital de trabajo

Tabla 18. Cálculo de la inversión inicial total.

Tabla 19. Costos del proyecto.

Tabla 20. Gastos del proyecto.

Tabla 21. WACC y Financiación.

Tabla 22. Tabla de amortización del préstamo

Tabla 23. Cálculo del valor de desecho.

Tabla 24. Flujo de caja del proyecto

Tabla 25. Flujo de caja del inversionista.

Tabla 26. Identificación de riesgos, causas y consecuencias.

Tabla 27. Valoración cuantitativa de riesgos

Tabla 28. Plan de respuesta a riesgos.

Tabla 29. Escala de probabilidad de riesgos.

Tabla 30. Escala de impacto de riesgos.

Tabla 31. Valoración cuantitativa de riesgos.

Tabla 32. Ponderación de riesgos.

Tabla 33. Vulnerabilidad de los costos.

Tabla 34. Vulnerabilidad de la calidad.

Tabla 35. Contenido del plan de gestión del proyecto

Tabla 36. Registro de interesados

Tabla 37. Plan de gestión de requisitos

Tabla 38. Enunciado del alcance.

Tabla 39. Estimado del tiempo del proyecto

Tabla 40. Determinación de costos y presupuestos por la técnica de los 3 puntos.

Tabla 41. Determinación de costos y presupuestos por análisis de reservas.

Tabla 42. Normas y estándares aplicables.

Tabla 43. Matriz de roles y responsabilidades de calidad

Tabla 44. Listado de procedimientos

Tabla 45. Listado de verificación de la calidad de los diseños de ingeniería del proyecto.

Tabla 46. Listado de verificación de las compras del proyecto.

Tabla 47. Listado de verificación de las adecuaciones físicas del proyecto

Tabla 48. Listado de verificación de la calidad de las pruebas y puesta en marcha del proyecto.

Tabla 49. Matriz de roles y responsabilidades

Tabla 50. Calendario de recursos

Tabla 51. Matriz de comunicaciones del proyecto.

Tabla 52. Matriz de roles y responsabilidades en la gestión del riesgo.

Tabla 53. Marcadores de riesgos.

Tabla 54. Matriz de probabilidad e impacto del proyecto

Tabla 55. Matriz de adquisiciones del proyecto.

Tabla 56. Control de líneas base del proyecto.

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Inventarios finales de residuos peligrosos en PEMEX
- Figura 2. Generación de residuos peligrosos en PEMEX
- Figura 3. Oferta del servicio de tratamiento de lodos por ORECO, sistema BLABO
- Figura 4. Logotipo de la empresa S.T.F. Ltda.
- Figura 5. Tecnologías disponibles para el tratamiento de lodos aceitosos
- Figura 6. Ubicación de nuestros clientes
- Figura 7. Proceso transformador
- Figura 8. Diagrama detallado del proceso
- Figura 9. Productos salientes del tratamiento de lodos
- Figura 10. Esquema de distribución de la planta
- Figura 11. Organigrama
- Figura 12. Entradas y salidas por actividad en el proceso
- Figura 13. Matriz ASPI-FARI del proceso de tratamiento de lodos
- Figura 14. Matriz Leopold de evaluación de impactos ambientales
- Figura 15a. Solicitud de cambios
- Figura 15b. Flujograma de la gestión de cambios
- Figura 16. WBS del proyecto
- Figura 17. Línea base del cronograma
- Figura 18. Curva S del tiempo del proyecto
- Figura 19. Diagrama de Gantt
- Figura 20. Línea base del desempeño de costos del proyecto
- Figura 21. Organigrama para la gestión de calidad del proyecto.
- Figura 22. Ciclo PHVA
- Figura 23. Organigrama del proyecto

GLOSARIO

- **BARRIL (BBL) Barril (Bbl):** Medida americana de volumen, equivalente a 35 galones imperiales, 42 galones US o 159 litros.
- **BSW - BS&W:** Porcentaje de sedimento básico y agua no libres contenidos en los Hidrocarburos Líquidos.
- **CENTRIFUGA TRICANTER:** Instrumento usado para la separación mecánica de sólidos de elevado peso específico, suspendidos en un fluido. La centrífuga logra esa separación por medio de la rotación mecánica a alta velocidad. Permite separaciones de mezclas de tres fases, es decir, la separación simultánea de dos fases líquidas no miscibles con diferentes densidades y una fase sólida la cual es la más pesada de todas las fases.
- **GRADO API:** API Gravity.- Índice de gravedad API. Consiste en una unidad de densidad adoptada por el instituto Americano del Petróleo (API) desde años atrás. Según la escala API, cuanto más alto el índice, menor la densidad del crudo. La mayoría de los crudos se encuentran entre los 27 y 40 grados API; crudos con valores inferiores a 27 grados API se consideran pesados y aquellos por sobre los 40 grados API, livianos. Esta unidad está relacionada con el peso específico real por la siguiente fórmula:

$$\text{Grados API} = \frac{141.5}{\text{peso específico @ 60F}} - 131.5$$

- **HIDROCARBURO:** Cada uno de los compuestos químicos (sólido, líquido o gas) resultantes de la combinación del carbono con el hidrógeno. (p. ej.: carbón, crudo y gas natural).
- **LODOS ACEITOSOS:** Son aquellos lodos aceitosos que se originan en los tanques de almacenamiento de crudo, combustóleo, gasóleo y en plantas de tratamiento de efluentes. Los lodos aceitosos están constituidos por parafinas, asfaltenos, agua y material inorgánico este último en pequeña proporción, pero englobado por hidrocarburos que dificultan su separación.
- **SEPARADOR API:** Dispositivo diseñado para separar el aceite y sólidos suspendidos de las aguas residuales efluentes de refinerías de petróleo, plantas petroquímicas, plantas químicas y otras fuentes industriales. El nombre se deriva del hecho de que tales separadores están diseñados según los estándares publicados por Instituto americano del petróleo.
- **TANQUE DE ALMACENAMIENTO:** Es el recipiente metálico destinado al almacenamiento de Combustibles Líquidos, ubicado dentro de una fosa de hormigón armado y construido conforme a normas técnicas vigentes.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo integrador consiste en un estudio de prefactibilidad para la construcción de una planta de tratamiento de lodos, cuyos clientes serían empresas del sector industrial de Mamonal (Cartagena) que trabajan con hidrocarburos y necesitan disponer de los lodos residuales cuando hacen mantenimiento a sus tanques de almacenamiento de hidrocarburos.

La motivación para realizar este estudio fue, básicamente, la oportunidad que representa construir esta planta para tratar la problemática ambiental que afecta a las empresas de Mamonal en cuanto a la disposición de final de los lodos residuales. El pensamiento inicial que se tiene es que estas empresas estarían dispuestas a contratar el servicio de la planta de tratamiento de hidrocarburos, para evitarse problemas con la legislación ambiental vigente, además de recuperar un porcentaje del hidrocarburo contenido en los lodos.

2. PRELIMINARES

2.1 ANTECEDENTES

Un componente fundamental en la Refinería de Cartagena y en el Terminal Néstor Pineda, son los tanques metálicos de almacenamiento atmosférico de los hidrocarburos que allí se utilizan o procesan (petróleo y derivados). Durante su almacenamiento en periodos prolongados de tiempo, los componentes pesados de los hidrocarburos se acumulan en el fondo de los tanques. Estos residuos se conocen como lodos aceitosos, cuando un tanque requiere ser sacado de servicio para efectos de mantenimiento, estos lodos deben ser retirados del interior del mismo para proceder a su reparación.

Un tanque promedio de almacenamiento en la Refinería de Cartagena tiene 120 pies (37 metros) de diámetro. El nivel de los lodos remanentes en los tanques, una vez que salen de servicio, es

de aproximadamente 23 cm, lo que equivale a un volumen promedio de 250 m³ de lodos por tanque. Anualmente, entran en mantenimiento alrededor de 10 tanques, lo cual implica que se generan 2.500 m³ de lodos aceitosos al año.

Por otra parte, la Refinería atraviesa por un proceso de expansión, lo cual trae consigo el aumento en la población de tanques en aproximadamente 30 unidades. Si se tiene en cuenta que actualmente la Refinería cuenta con alrededor de 100 tanques, esto implicaría un aumento en la cantidad de tanques que salen a mantenimiento y, por ende, un incremento del 30% en el volumen de lodos generados (para un total de 3.250 m³ aproximadamente).

Actualmente la Refinería de Cartagena cuenta con unos espacios para la disposición final de los lodos aceitosos residuales provenientes de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos. Este sector es conocido como la zona de Land Farming, en donde los lodos se vierten inicialmente en varias piscinas de contención y posteriormente se disponen a través de la técnica de bioremediación (explicada más adelante), la cual requiere de terrenos con áreas significativas. Sin embargo, por disposiciones internas de la empresa, estos sitios próximamente saldrán de servicio, lo cual origina el problema de la disposición final de los lodos. De no tenerse una solución para la disposición final de los lodos, la Refinería se vería gravemente afectada ya que se imposibilitaría el mantenimiento de sus tanques, lo cual traería a la postre un impacto económico intolerable. Por otra parte, en estos lodos existe un porcentaje significativo de hidrocarburos susceptibles de ser recuperados por el valor comercial que ellos tienen. Así mismo, los lodos aceitosos deben ser manejados y tratados conforme a la legislación ambiental vigente.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo se puede hacer una disposición de lodos aceitosos provenientes de los tanques de almacenamiento de la Refinería de Cartagena y Terminal Néstor Pineda, que permita la recuperación de la mayor cantidad posible de hidrocarburos contenidos en ellos, generando rentabilidad en el proceso y cumpliendo con las regulaciones ambientales vigentes?

2.3 JUSTIFICACIÓN

Actualmente, la Refinería de Cartagena (en mayor proporción) y el Terminal Néstor Pineda (TNP), en Cartagena, al realizar los trabajos de mantenimiento a los tanques de almacenamiento de hidrocarburos, tienen la responsabilidad de disponer adecuadamente de los lodos aceitosos, que son residuos de dichos mantenimientos. En tiempo presente, se hace uso de técnicas óptimas para este fin, pero, por nuevas legislaciones ambientales, es obligatorio para las empresas cambiar de procedimiento para disponer de estos lodos aceitosos.

La propuesta de esta investigación es llevar a cabo un estudio completo de prefactibilidad y plan de gestión para la elaboración de un proyecto de recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos de la Refinería de Cartagena y del Terminal Néstor Pineda (TNP) Este estudio, además de ayudar en nuestra formación como Gerentes de Proyectos integrales, sería el punto de partida para que el (los) potencial(es) cliente(s) decida(n) o no invertir en un proyecto que ayudaría, no solo a solucionar la problemática ambiental descrita en el anterior párrafo, sino a optimizar su operación (recordando que los hidrocarburos recuperados podrán ser usados como nueva materia prima para los procesos)

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio de prefactibilidad y el plan de gestión para el diseño y la construcción de una planta de recuperación de hidrocarburos a partir de los lodos aceitosos residuales provenientes de los tanques de almacenamiento de la Refinería de Cartagena y del Terminal Néstor Pineda (TNP), llevando a cabo estudios y evaluaciones, y diseñando el Plan de Gestión para la puesta en marcha del proyecto. Todo lo anterior, enfocados hacia la reducción del impacto ambiental que genera la disposición final de estos lodos por parte de los clientes.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el estudio de mercado, haciendo un análisis de: el producto, la oferta, la demanda, los precios, la competencia y la estrategia de comercialización, con la finalidad de verificar la viabilidad del proyecto en este aspecto.
- Llevar a cabo el estudio técnico, definiendo cómo se construirá la planta, las instalaciones del proyecto, la obtención de materiales, costos, el tamaño y localización de dicha planta.
- Efectuar la evaluación financiera, para verificar la rentabilidad del proyecto.
- Realizar el análisis ambiental, para determinar la aprobación ambiental (obtención de licencias) y realizar una Evaluación de Impacto Ambiental (EIM) de nuestro proyecto.
- Evaluar y analizar los posibles riesgos que se generen por la ejecución del proyecto.
- Elaborar el plan de gestión del proyecto, basados en el estándar del PMI, con el fin de dar los lineamientos a la gerencia del proyecto, en las 9 áreas del conocimiento: integración, alcance, costo, tiempo, calidad, comunicaciones, recursos humanos, riesgos y adquisiciones.
- Especificar las expectativas de los interesados del proyecto a través de la elaboración del Project Charter para la gestión del proyecto.
- Definir las líneas bases de: alcance, tiempo y costos, con base en las entradas, herramientas y técnicas disponibles.
- Elaborar los planes de: calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos y adquisiciones.

4. MARCO TEÓRICO

El procesamiento y almacenamiento del petróleo crudo en refinerías y en plantas petroquímicas genera lodos residuales que contienen hidrocarburos. Para procesar esos lodos, hay que separarlos en sus componentes aceite, agua y sólidos. Un procesamiento eficaz significa en primer lugar recuperar la mayor cantidad posible de aceite (hidrocarburo) y en segundo desechar los otros componentes al menor costo posible. El primer paso es la separación mediante separadores estáticos, llamados también separadores API, el aceite se concentra como capa flotante en la superficie, mientras los sólidos bajan hacia el fondo como lodos. Por medio, se forma una fase acuosa que es llevada a la depuradora de aguas residuales, la capa flotante proveniente de la superficie y los lodos provenientes del fondo del separador, se juntan y son procesados como lodos aceitosos.

Existen máquinas centrifugadoras (Tricanter) desarrolladas especialmente para la separación continua de mezclas de tres fases y separa los lodos aceitosos en los componentes aceite, agua y sólidos en una sola etapa. El pre-tratamiento es decisivo para la eficiencia de la separación mediante la centrifugadora. La viscosidad del aceite es reducida mediante calentamiento, además es posible añadir floculantes o precipitantes para mejorar la separación de partículas finas.

Primero, la fase acuosa proveniente del separador API llega a una planta de flotación donde los sólidos son separados, esos sólidos después son procesados juntos a los lodos aceitosos. El tratamiento verdadero de las aguas residuales es hecho en una depuradora mecánica – biológica generando así los típicos lodos de aguas residuales, para que esos lodos no causen altos costos durante el procesamiento posterior (transporte, incineración, depósito), es necesario deshidratarlos lo más posible.

Los productos hidrocarburos se almacenan en tanques cuyos capacidad varia de 5000 m³ (1,3 millones de galones) a 130000 m³ (34 millones de galones). Con el tiempo se forma una interfase cérea (lodos aceitosos) al fondo del tanque, esa capa consiste en hidrocarburos pesados

(parafinas) e impurezas inorgánicas como arena, herrumbre y metales pesados, la formación de esa capa reduce el volumen utilizable del tanque.

Previo a una inspección de seguridad, reparaciones y de trabajos de mantenimiento es necesario vaciar y limpiar completamente el tanque. Para la limpieza del tanque se utilizan aceite crudo, gasóleo, y agua, según la dimensión del tanque, se obtienen más de 1000 toneladas de residuos durante la limpieza del tanque, los cuales deben ser transportados para su incineración o disposición. Alternativamente esos residuos pueden ser tratados mediante un equipo de centrifugado “TRICANTER” para recuperar el aceite, entregar el agua a la depuradora de aguas residuales y reducir el volumen de la fase sólida, de esta manera sólo el 10% de la cantidad original quedará para la incineración

Parámetros del proceso

Los parámetros a cumplir en las corrientes de salida del proceso de recuperación de hidrocarburos son:

FASE AGUA

Contenido mínimo de agua, % volumen:	80-95
Contenido máximo de sólidos totales, % peso:	0.5
Contenido máximo de hidrocarburos, % peso:	1

FASE LODO

Contenido máximo de agua, % volumen:	5 -15
Contenido mínimo de sólidos totales, % peso:	65
Contenido máximo de hidrocarburos, % peso:	30

FASE HIDROCARBURO RECUPERADO

BSW máximo, tomado del tanque producto:	0.5 %.
---	--------

Disposición final de los lodos residuales posterior al centrifugado

Posterior al centrifugado, se obtiene un volumen promedio de lodos remanentes de tan solo el 10% del volumen inicial, estos lodos se pueden disponer finalmente a través de bioremediación (con la gran ventaja de que la descomposición química es más rápida al existir un porcentaje mucho menor de hidrocarburos) o a través de la incineración.

Estado del arte a nivel mundial sobre las tecnologías de recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos

Actualmente existen múltiples empresas dedicadas a la recuperación de hidrocarburos en donde se aplica el sistema BLABO®, el cual es una combinación automatizada de la extracción de los lodos de los tanques y la recuperación de los hidrocarburos por medio del centrifugado (explicado en el apartado anterior). Entre estas compañías, se destaca la Multinacional ORECO, con representación en Norteamérica, Europa, Asia y África.

Productos sustitutos del centrifugado

Actualmente se disponen de diversas técnicas para la disposición final de los lodos aceitosos, a continuación se mencionan las generalidades de estos procesos:

Desorción Térmica

La unidad de desorción térmica UDT, es utilizada especialmente para sólidos impregnados con hidrocarburos, esta unidad utiliza la energía calórica para evaporar los fluidos presentes en los cortes, estos vapores a su vez son condensados para recuperar el aceite presente en los cortes.

La descarga sólida después del proceso contiene menos del 1% de hidrocarburo, tanto el agua como el hidrocarburo recuperado pueden ser usados nuevamente en el sistema activo de lodos.

Bioremediación

La biorremediación es el proceso utilizado por el hombre para detoxificar variados contaminantes en los diferentes ambientes –mares, estuarios, lagos, ríos y suelos– usando de forma estratégica microorganismos, plantas o enzimas de estos. Esta técnica es utilizada para disminuir la contaminación por los hidrocarburos de petróleo y sus derivados, metales pesados e insecticidas; además se usa para el tratamiento de aguas domésticas e industriales, aguas procesadas y de consumo humano, aire y gases de desecho.

La técnica más usada para la biorremediación de los lodos contaminados con hidrocarburos y de otros desechos de la industria petrolera es la denominada landfarming, la cual se realiza trasladando los contaminantes a un suelo no contaminado, el cual ha sido preparado con anterioridad para evitar su contaminación y la de las aguas subterráneas con sustancias que puedan producirse durante el tratamiento. Para ello se efectúa el diseño del lugar donde se depositan los contaminantes, aislando el material de tratamiento del área no contaminada con una tela impermeable.

Fijación cal

Objetivo de esta medida es la disminución de la movilidad o la disminución del potencial de movilidad de materiales contaminantes o residuos peligrosos y con ello el evitar que dichos contaminantes sean emitidos al medioambiente.

El concepto de inmovilización se refiere a las medidas que inhiben la movilidad de contaminantes en el sitio mismo de depósito del contaminante, para inmovilizar a los contaminantes se utiliza usualmente materiales auxiliares como lo son: pegamentos,

endurecedores, activadores, cementos, cal o yeso con adición de agua. Para alcanzar los objetivos de la inmovilización son utilizados los siguientes procesos físico-químicos:

1. Unión química como consecuencia de reacciones químicas.
2. Unión física por incrustación de los contaminantes en una matriz durable y resistente.
3. Disminución de la solubilidad del contaminante a través de la adición de materiales auxiliares que aumentan la absorción.

Encapsulamiento

El encapsulamiento es un proceso por medio del cual el residuo es incorporado dentro de un material que lo aísla del ambiente, sin que los componentes del residuo se fijen químicamente al material utilizado. Entre los materiales de encapsulamiento están el vidrio, el metal, el concreto y el plástico, el vidrio es inerte a la agresión de muchas sustancias químicas, pero es bastante frágil y el proceso de encapsulamiento requiere altas temperaturas, el metal; principalmente en forma de cilindros, es más práctico; sin embargo, se corroe fácilmente, por último el concreto armado ha sido utilizado para el encapsulamiento de residuos con PCBs y otras sustancias orgánicas altamente tóxicas en casos donde no ha sido posible incinerarlos (WB/UNEP/WHO, 1989). El plástico, también utilizado como material de encapsulamiento, ha demostrado resultados positivos y mínimo incremento de volumen de los residuos a disponerse. Por ejemplo, Unger y Lubowitz (1990) han desarrollado un proceso en el cual se solidifican los lodos mezclándolos con Cal, posteriormente se aglomeran con Polibutadieno y finalmente se les encapsula con Polietileno.

5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para desarrollar este proyecto, se plantea una metodología descriptiva, mediante la cual se analizará el entorno de las empresas del sector de Mamonal y el tratamiento y disposición final

dado a los lodos aceitosos residuales, junto con los factores ambientales que se están viendo afectados de manera directa e indirecta por el manejo de estos residuos.

Para la recolección de la información se indagarán las siguientes fuentes:

- **Primarias:** Estudios de investigación realizados por las empresas de la zona industrial de Mamonal, especialmente la Refinería de Cartagena; quien genera la mayor cantidad de estos.
- **Secundarias:** Para definir el servicio y los procesos para la obtención de hidrocarburos a partir de los lodos residuales provenientes de los tanques de almacenamiento, se emplearán fichas técnicas, revistas, videos, Internet y demás antecedentes investigativos realizados en el sector de los hidrocarburos a nivel nacional e internacional, por empresas como Ecopetrol, Pemex, Exxonmobil, Chevron, Petrobras, y PDVSA. Adicionalmente se tendrán en cuenta empresas especialistas en el área de la separación de sustancias basados en equipos de centrifugado como FLOTTWEG separation technology.

Las técnicas a emplear para la recolección de la información en este proceso de investigación, son las siguientes:

- **Visitas de campo:** Con la implementación de estas herramientas se obtendrá información básica para el conocimiento de la problemática y evaluación de los impactos ambientales producto de la disposición final de lodos en las empresas del sector de Mamonal, así como de las especificaciones del producto final esperado del proyecto.
- **Cuestionarios:** Esta herramienta permitirá recolectar información cuantitativa y cualitativa de las características del servicio deseado, teniendo como objetivo a la población de las empresas de la zona industrial de Mamonal que generan lodos aceitosos.

- **Entrevistas personales:** Por medio de esta técnica, se establecerá contacto directo con los clientes potenciales en el sector industrial de Mamonal y se aplicarán cuestionarios acerca del servicio a prestar, expectativas, requerimientos, entre otros.
- **Gráfico y análisis de información:** La información recolectada será almacenada, graficada y presentada en hojas de cálculo. De esta forma se analizarán las tendencias y comportamiento del mercado y, así, se sacarán las respectivas conclusiones.

6. ESTUDIO DEL ENTORNO

En la actualidad, hay una alta dependencia hacia los hidrocarburos, lo cual obliga a la industria a contar con sistemas de almacenamiento de los mismos en tanques metálicos, que deben cumplir con una rutina de mantenimiento, en la cual se extraen lodos residuales aceitosos. En la Refinería de Cartagena y en el Terminal Néstor Pineda, particularmente, se utilizan las técnicas de Landfarming, y podría, en algún momento, adoptarse la de Biorremediación (utilizada en la Refinería de Barrancabermeja)

6.1 ANÁLISIS DEL SECTOR

6.1.1. Tendencias económicas, legales, ambientales y sociales del sector

Actualmente Cartagena está atravesando por una etapa de gran expansión industrial, lo cual trae consigo la necesidad de mano de obra local calificada, así como la implementación de un mayor control gubernamental para garantizar el cumplimiento de las regulaciones ambientales, legales y sociales.

Se espera una gran inversión en empresas existentes y creación de empresas del sector industrial en esta próxima década.

6.1.2. Tendencia de la variable tecnológica

En la actualidad las tecnologías requeridas para la construcción de una planta para recuperación de hidrocarburos deben ser importadas, lo cual significa que deben tenerse en cuenta todos los aspectos relacionados con el comercio internacional.

El cambio de la variable tecnológica no afectaría mucho en el transcurso de este proyecto, ya que los equipos a utilizar no tienen una alta frecuencia de actualización. Sin embargo, con miras hacia el futuro, los fabricantes han hecho desarrollos modulares, para ampliación y escalabilidad hacia nuevas tecnologías de instrumentación industrial y comunicaciones de campo.

6.1.3. Amenazas de nuevos competidores

Actualmente en la región existen 3 empresas cartageneras que realizan el tratamiento de lodos aceitosos, pero sin la recuperación de hidrocarburos a partir de los mismos.

Por otra parte, la Refinería cuenta actualmente con zonas para la disposición final de los lodos. No obstante, una vez que la Refinería elimine estas zonas dentro de sus instalaciones, la necesidad para el tratamiento de los lodos por parte de esta organización puede originar nuevos competidores. Como consecuencia de la eliminación de estas zonas, varias empresas contratistas querrán incursionar en el mercado regional del servicio de tratamiento de lodos aceitosos. Estas nuevas empresas podrían ser provenientes de la costa Caribe, del interior del país (sobre todo donde hay zonas petroleras y refinerías) o podrían ser de carácter internacional, y podrían tener trayectoria, experticia en manejo de hidrocarburos, reconocimiento nacional o internacional (en el sector industrial y/o en el sector de las refinerías).

6.1.4. Intensidad de la rivalidad de los competidores actuales

Entre los contratistas mencionados en el punto 6.1.3, se observa una competencia muy fuerte, al punto que los precios de su actividad son tan bajos, que las utilidades del negocio son muy reducidas.

Cabe aclarar que estos contratistas se limitan al retiro y disposición final de los lodos, sin tener en su portafolio de servicios, la recuperación de hidrocarburos a partir de los mismos, lo cual supone una oportunidad para el proyecto.

6.1.5. Riesgos y tendencias de productos sustitutos

En este momento el único riesgo evidente, es que se tiene la posibilidad de la continuación del mismo proceso que actualmente se lleva a cabo para la disposición final de los lodos aceitosos, pero en predios diferentes a los de la Refinería.

Hasta el momento, no se han visualizado productos sustitutos que puedan surgir para este proceso.

6.1.6. Tendencias de los proveedores del sector

- Proveedores de materiales: Tienen moderada influencia debido a que en el mercado nacional existe variedad de proveedores de materiales.
- Proveedores de tecnología: Tienen alta influencia ya que los equipos requeridos son muy específicos y los proveedores existentes son pocos.
- Proveedores de Servicios: Tienen moderada influencia debido a que en el mercado nacional existe variedad de empresas que prestan el servicio de construcción civil y montaje electromecánico y de servicios de consultoría y asesoría técnica.

6.1.7. Tendencias del cliente y del usuario final

Hoy por hoy, la Refinería atraviesa por un proceso de ampliación, lo cual brinda una oportunidad para el desarrollo de plantas que satisfagan las crecientes necesidades de la expansión. Esta ampliación y posterior operación, se van a ver afectadas por la sensibilidad y responsabilidad hacia la preservación del medio ambiente, más allá del solo cumplimiento de las normativas (ISO 14000/08)

Por otro lado, la creciente industria del transporte terrestre y aéreo, además de la expansión industrial (con empresas petroquímicas o de procesos), acrecentará la demanda de gasolina y sus derivados y, por consiguiente, la refinación de hidrocarburos y la generación de lodos aceitosos residuales.

6.1.8. Conclusiones generales del sector

En estos momentos, el sector de la refinación de hidrocarburos (e industrial en general) se encuentra en permanente expansión, lo cual es un claro indicador de la existencia de oportunidades para el desarrollo de nuevos proyectos de inversión asociados a este proceso.

Con la permanente expansión industrial y los nuevos controles de calidad, ambientales, de seguridad, implican que hay oportunidad para nuevas empresas (o ya existentes) de llevar a cabo proyectos y/o procesos a las principales industrias, que garanticen el cumplimiento de sus sistemas de gestión.

6.2 ANÁLISIS FODA COMPETITIVO DEL PROYECTO

FODA 1 – MAPA DE COMPETITIVIDAD

Fortalezas competitivas

- Se cuenta con las fuentes de información necesaria, exacta y confiable, para el diseño y la construcción de la planta.
- Se tiene el “know how” para llevar a cabo el proyecto
- Buena relación proveedor-cliente. Los vínculos con los directamente interesados por parte del cliente, se encuentran muy fortalecidos, lo cual facilita el acceso a la información.

Debilidades

- El Gerente de proyecto y su equipo, no cuentan con un amplio reconocimiento en el campo de diseño y construcción de plantas en el sector de los hidrocarburos.
- En este proyecto no hay presencia de investigación y desarrollo, ya que se trata de un proyecto de inversión, en el cual se copiará el modelo de plantas de fluidización de lodos ya existentes. Los posibles nuevos competidores, podrían tener I+D para llevar a cabo proyectos que pudiesen mejorar el alcance de este proyecto.

FODA 2 – MAPA DE OPORTUNIDADES Y AMENAZAS

Oportunidades

- Expansión de la Refinería de Cartagena, en cuanto a plantas de producción. Esto hace que se construyan más tanques de almacenamiento y que en la operación, siempre haya generación de lodos aceitosos.
- Regulaciones medioambientales cada vez más estrictas en cuanto al manejo y disposición de residuos peligrosos.

- Pocos competidores con la tecnología de centrifugado, además de la recuperación de hidrocarburos a partir de los lodos aceitosos.
- La Refinería de Cartagena está próxima a eliminar las zonas que se tienen actualmente para la disposición de lodos residuales, lo cual los obliga a buscar otra alternativa para el tratamiento de estos lodos.

Amenazas

- Reconocimiento frente al cliente de las empresas contratistas actuales en el sector industrial de Mamonal.
- La necesidad que tienen las empresas actualmente dedicadas al tratamiento de lodos, de incursionar en nuevas tecnologías como la del centrifugado, esto debido al requerimiento por parte del cliente.
- La inversión inicial que el cliente debe efectuar para llevar a cabo el proyecto, es muy superior comparándola con los costos promedio de los métodos tradicionales de manejo y disposición de lodos.

7. ESTUDIO DE MERCADO

Para la realización del estudio de mercado se comenzó por indagar acerca de la industria de tratamiento de lodos y recuperación de hidrocarburos a nivel internacional, considerando dos mercados representativos: Rusia (relevante a nivel mundial) y México (relevante a nivel Latinoamericano). Lo anterior con la finalidad de analizar los aspectos principales de esta industria y la conveniencia de iniciar en Colombia un proyecto para recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos.

Posteriormente, se analiza el mercado nacional, para identificar la región con mayores oportunidades para emprender un proyecto de este tipo, en función de la oferta y la demanda.

7.1 MARCO GLOBAL

Hoy en día la necesidad de minimizar residuos, así como su disposición adecuada y segura, son aspectos de suma importancia a nivel mundial, lo que ha llevado a la búsqueda de alternativas tecnológicas y cambios en las políticas de manejo que permitan generar residuos no peligrosos y estables para su correcta disposición o reaprovechamiento en la industria internacional.

La extrema dependencia alcanzada hacia los hidrocarburos por el mundo actual, obliga a la industria a contar con sistemas de almacenamiento y para esto el mejor y más utilizado método, son los tanques metálicos de almacenamiento atmosférico. Los cuales deben cumplir con una rutina de mantenimiento, durante la cual se extrae un volumen considerable de lodos residuales aceitosos.

En la industria internacional el tratamiento y disposición final de estos lodos residuales aceitosos se convierte en un problema que deben afrontar todas las empresas que almacenan hidrocarburos, debido al alto porcentaje de contaminantes contenidos en los lodos.

Del total de petróleo crudo producido, del 3% al 5% es en última instancia, inutilizable. Cuando el crudo es almacenado en los tanques, los lodos o sedimentos se depositan en el fondo de los recipientes. Estos, no pueden ser drenados de los tanques y por lo tanto deben ser removidos de los mismos y posteriormente dispuestos a un costo considerable.

Los grandes volúmenes de lodo también se forman en las refinerías y sitios de extracción de crudo, lo cual supone una amenaza importante de contaminación ambiental. Este problema es común a todos los países productores de petróleo.

En la actualidad, Rusia es el mayor productor del petróleo del mundo, con una capacidad de hasta 10.124.000 barriles al día, representando el 12% del abasto mundial. Adicionalmente, sus reservas se estiman en 60 billones de barriles, que representan el 5% de las reservas mundiales. Por tal razón, el análisis del mercado de recuperación de hidrocarburos en esta nación puede ofrecer un panorama bastante amplio de la dinámica de este negocio en el marco global:

Recuperación de hidrocarburos en Rusia

En la actualidad, en Rusia se utilizan varios métodos de tratamiento y eliminación de residuos de hidrocarburos: térmicas, mecánicas, biológicas y químicas. Cada método de tratamiento tiene sus ventajas y desventajas, y es una práctica común utilizar una combinación de los cuatro métodos para maximizar la producción de hidrocarburo utilizable a partir de los lodos.

Históricamente, los mayores volúmenes de lodos se encuentran en las regiones, donde se llevan extensas operaciones de extracción de hidrocarburos, en primer lugar a lo largo del río Volga y, a continuación, a partir de 1970, en el oeste de Siberia.

El mercado ruso para la eliminación de lodos y de recuperación de hidrocarburos, continúa creciendo en respuesta a tasas cada vez mayores de almacenamiento de lodos y de multas ambientales impuestas a los productores de petróleo, las compañías de transporte, y las refinerías. El almacenamiento de lodos en un depósito adecuado tiene un costo de 500 a 1 000 rublos (20 dólares a 40 dólares) por metro cúbico dependiendo de la región.

La mayoría de las grandes compañías petroleras, con la notable excepción de Slavneft y Surgutneftegaz, subcontratan el servicio para la remediación y disposición de lodos.

El equipo utilizado en Rusia para recuperar el hidrocarburo es a la vez fabricado en el extranjero y de producción nacional. Los incineradores de fabricación rusa cuestan alrededor de USD 300.000, las centrifugadoras de fabricación rusa y decantadores tienen un costo de USD 700.000. Los equipos fabricados en el extranjero tales como separadores y decantadores tienen un costo de USD 1,5 millones a 4 millones de USD, los dispositivos de tratamiento térmico producidos en el extranjero también tiene un costo de USD 1,5 millones a USD 4 millones. Los sistemas completos de tratamiento de lodos, realizados con componentes extranjeros tienen un costo que comienzan a partir de 5 millones de dólares.

En Rusia, hoy existe poca competencia en el mercado de tratamiento de lodos. El mercado no ha

alcanzado la saturación. La mayoría de las empresas en el negocio prestan no sólo el servicio de la eliminación de lodos y recuperación de hidrocarburos, sino que también prestan el servicio de remediación de los suelos contaminados con hidrocarburo.

El volumen de servicios prestados en el mercado es de más de 90 millones de dólares. Debido a que los equipos fabricados en el extranjero son costosos, las empresas prefieren el uso de equipos de fabricación rusa y utilizar los métodos biológicos y químicos de tratamiento.

Por lo general, un sistema de licitación se utiliza para contratar los servicios de manejo de lodos y recuperación de hidrocarburos en las grandes compañías petroleras. Las ofertas se llevan a cabo normalmente en la primavera y principios del verano. Estas actividades, sin embargo, son más difíciles de ejecutar en regiones distantes (altas latitudes), donde los lodos pueden ser recuperados sólo durante los meses cálidos del año, tales como Siberia occidental.

Fuentes de generación de Lodos

Las petroleras rusas y la industria del gas son el tercer contribuyente más importante a la acumulación de residuos industriales en el país, con volúmenes de residuos tan sólo por debajo de 10 a 15 por ciento de la metalurgia ferrosa y no ferrosa.

En la actualidad, los embalses de almacenamiento en las refinerías rusas tienen millones de toneladas de lodos tóxicos. El uso generalizado de los incineradores en el tratamiento de acumulación de aceite usado también crea riesgos ambientales para el país. En muchos casos, la solución más fácil para el tratamiento de los lodos, es enterrar los residuos en una zona industrial cercana. En Rusia más de 3 millones de toneladas de lodos son generados a través de:

- Compañías petroleras de producción: Más de 1 millón de toneladas de lodos y suelos contaminados
- Refinerías: 0,7 millones de toneladas de lodos
- Terminales de almacenamiento: - 0,3 millones de toneladas

- Otras fuentes incluyendo ferrocarriles, aeropuertos, puertos de mar: 0,5 millones de toneladas

Lodos acumulados en el almacenamiento:

Los depósitos que contienen residuos de hidrocarburos son enormes. En el oeste de Siberia, hay más de 3 millones de toneladas de decantación. En Tatarstán, hay más de 2,5 millones de toneladas, y en Bashkortostán los 700 depósitos de decantación contienen 2 millones de toneladas de lodos.

Lodos en las refinerías

En este momento hay 27 refinerías en funcionamiento en Rusia, con capacidad total de 300 millones de toneladas. Las refinerías rusas producen 63% de productos derivados del petróleo (con exclusión de Mazut y gases) a partir del crudo que se entrega a la transformación (comparado con el 85 al 90% en el Oeste). La capacidad media de una refinería en Rusia es de 12 millones de toneladas al año (en los EE.UU., hay 190 refinerías con una capacidad de 3 a 5 millones de toneladas al año). La mayoría de las refinerías en Rusia se encuentran en las grandes ciudades, incluyendo Moscú, Ufa, Yaroslavl, y Riazán.

Como consecuencia de los accidentes que suelen ocurrir a causa de los derrames de petróleo y sus productos derivados, el sitio sobre el cual se encuentra una refinería, así como los terrenos adyacentes a la misma, se encuentran altamente contaminados.

Por ejemplo, en la Refinería de Saratov, donde los depósitos de almacenamiento de lodo cubren más de 150 hectáreas, el contenido de aceite en el agua subterránea es de 7,2 gramos por litro. Lo anterior obliga a que se busquen alternativas que satisfagan las exigencias ambientales, para tratar, procesar y reducir el volumen de lodos generados en refinerías.

Tecnología existente para la eliminación de los lodos

El primer paso en el proceso de eliminación de los lodos es la recuperación. Con el fin de extraer todo el hidrocarburo posible del lodo, se utiliza una combinación de productos químicos y emulsificantes. La colección de las capas superiores de aceite se lleva a cabo con el uso de bombas. Posteriormente, la separación de los lodos se hace por medio de una centrifugadora. El hidrocarburo recuperado se entrega a una refinería o es vendido en el mercado. El remanente sólido o pesado que no se puede recuperar, debe ser eliminado. Las formas de eliminación de estos residuos sólidos son:

- Térmica: la incineración de lodos inutilizables
- Bioremediación

Operaciones de recuperación de hidrocarburos

Las compañías petroleras en la parte europea de Rusia operan bajo un régimen ambiental más estricto que las empresas en el oeste de Siberia. La práctica más generalizada para iniciar las operaciones de recuperación de lodos es la siguiente: si hay un accidente de trabajo grave o si las instalaciones de almacenamiento de una refinería llegan al límite máximo, la empresa petrolera propietaria del producto contaminado lleva a cabo una licitación para contratar la recuperación de los lodos. La empresa ganadora del concurso (por lo general, es una empresa consolidada que ya ha trabajado en la región y cuenta con todos los documentos de registro necesarios,) crea su equipo y prepara los sitios de trabajo para el desarrollo de sus operaciones.

La práctica habitual es que el hidrocarburo recuperado se devuelve de nuevo a la compañía petrolera que retiene la posesión de los hidrocarburos.

Costos de la decantación

Las compañías petroleras pagan por la eliminación (recuperación de hidrocarburos y posterior eliminación de los residuos secundarios) de los lodos a un ritmo que varía, según el nivel de adecuación ambiental de la tecnología. Para el uso de centrífugas y biorremediación de los productos restantes, el costo es de 4 000 a 5000 rublos por metro cúbico (USD 160 a USD 200).

Existen tecnologías innovadoras, tales como el tratamiento por ultrasonido tiene un costo de 7500 rublos (300 dólares) por metro cúbico.

Entre más poblada sea la región que contiene los depósitos de lodos, mayor es la probabilidad de las multas impuestas por las autoridades ambientales, y mayor será el pago de servicios de tratamiento de disposición final. En la región de Moscú, las tarifas de las empresas para la remediación los lodos son de 4.000 a 6000 rublos (USD 160 a USD 240) por metro cúbico.

Factores de crecimiento del mercado

En vista de la propagación de los vertederos de residuos, la rapidez de generación de residuos, y la composición de diversos desechos que pueden tener graves consecuencias para la salud humana y el medio ambiente, el gobierno ruso ha hecho de la gestión de residuos uno de los temas prioritarios más importantes de su programa.

Proveer la seguridad ambiental del país y garantizar el bienestar de los ciudadanos es considerado absolutamente crítico. Por tal razón los miembros del Consejo de la Federación Rusa han estado trabajando activamente en la formulación de planes para el desarrollo del sector de gestión de residuos.

Las empresas existentes actualmente en el mercado

En este momento, cerca de 80 empresas en Rusia se dedican a la recuperación y decantación de hidrocarburos. Tienen un área geográfica bien definida. El número de empresas en el mercado y el volumen de trabajo de recuperación que llevan a cabo, muestran que existen oportunidades considerables para la expansión del mercado.

La mayoría de empresas se dedican a la recuperación de hidrocarburos, la eliminación, limpieza de tanques, y la recuperación de suelos.

Debido a que el equipo importado es costoso, las empresas prefieren utilizar el equipo construido localmente.

Paradójicamente, uno de los factores limitantes para el desarrollo de esta industria en Rusia, es que es relativamente menos costoso para las compañías petroleras pagar multas por contaminar el medio ambiente, que la recuperación de hidrocarburos. Así mismo, no hay apoyo a la inversión pública o privada de las empresas para utilizar el mejor equipo disponible en la remediación de los lodos.

La mayoría de las de empresas no están bien informadas acerca de las oportunidades de recuperación de hidrocarburos existentes en el mercado, es decir, ubicación de depósitos de decantación, su volumen, y cómo se están utilizando.

En 2008, el mercado creció un 14% con la formación de 10 nuevas empresas. El crecimiento del mercado disminuyó en 2009, pero probablemente se reactivará si los precios del petróleo siguen aumentando.

Mercado potencial para la recuperación de hidrocarburos

La generación de lodos en Rusia en 2008 fue de 2,5 millones de metros cúbicos. El volumen de los lodos tratados fue de 1,2 millones de metros cúbicos, sólo el 47% del volumen total generado. El volumen de los lodos acumulados en Rusia, a partir de la segunda mitad de 2009 fue de 18,7 millones de metros cúbicos.

El volumen del mercado de servicios de tratamiento de de aguas residuales en Rusia es de USD 300 millones al año. Sin embargo, en vista del hecho de que el análisis no incluye las operaciones de decantación y de recuperación llevado a cabo en regiones que carecen de las

operaciones activas de extracción y refinación de petróleo, es probable que el volumen real del mercado alcance 500 millones de dólares al año.

Cada año, el potencial de crecimiento para el mercado es de USD 230 millones si se tuviera en cuenta sólo los nuevos lodos generados. El potencial de mercado acumulado, considerando la recuperación de lodos existentes en la actualidad en los depósitos de las refinerías y depósitos de eliminación, es de USD 2 mil millones.

Manejo de residuos derivados del petróleo en México

Al cierre de año 2009, los inventarios finales de residuos peligrosos derivados de las actividades petroleras, muestran una tendencia a la baja a partir del 2006. Lo anterior debido a que la legislación mexicana ambiental vigente en materia de residuos, establece que los residuos peligrosos no pueden estar almacenados por más de seis meses a partir de su generación, por lo que los Organismos Subsidiarios deben procurar realizar las gestiones necesarias para la disposición de residuos peligrosos en tiempo.

La tendencia en el inventario final al cierre del 2009 ha sido a la baja y del orden del 14.9% con respecto al año inmediato anterior.



Figura 1. Inventarios finales de residuos peligrosos en PEMEX

Fuente: PEMEX (página web)

Durante el 2009 la generación de residuos peligrosos totalizó 81.6 miles de toneladas, siendo Pemex Refinación el Organismo Subsidiario que contribuye con el 57 % de esta generación.

Los residuos peligrosos que se generan en mayor volumen son: lodos aceitosos, sosas gastadas, residuos sólidos impregnados y cloro hidrocarburos pesados, estos residuos representan el 78% del total de residuos peligrosos generados por la industria petrolera.

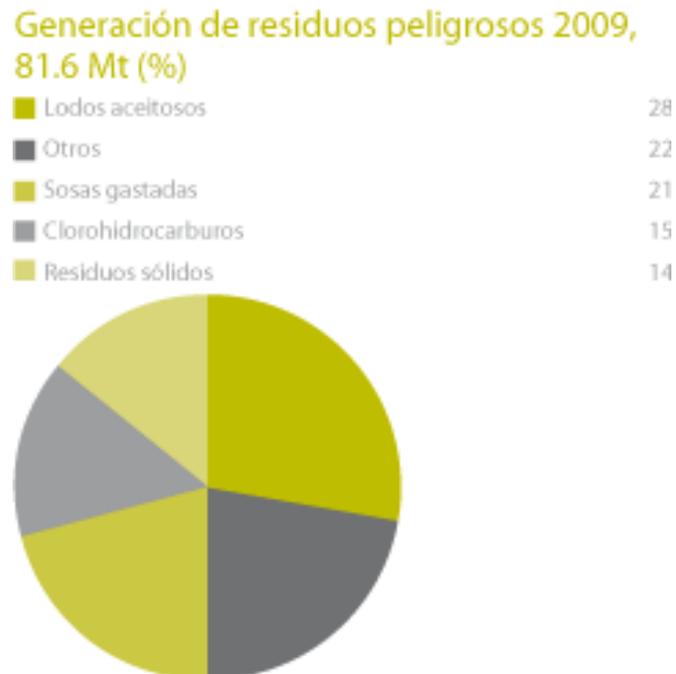


Figura 2. Generación de residuos peligrosos en PEMEX, año 2009.

Fuente: PEMEX (página web)

Derivado de la aplicación del plan de manejo de aceites y solventes usados de Pemex Petroquímica, fueron reciclados energéticamente el 100% de estos residuos, sumando 16,683 toneladas, lo que ha permitido obtener ahorros de energía del orden de 529,372 millones de Btu's.

De acuerdo a la información anterior, en donde se evidencia la necesidad y la tendencia de reducción de contaminantes originados por la industria del petróleo, así como el incremento en el reciclaje de los mismos con la finalidad de generar ahorros energéticos, se deduce que en el

marco global, la demanda de servicios de recuperación de hidrocarburos se encuentra en permanente aumento.

Oferta del servicio recuperación de hidrocarburos a nivel mundial

Actualmente en el mundo existen empresas especializadas dedicadas para la recuperación de hidrocarburos contenidos en los lodos residuales aceitosos obtenidos del fondo de los tanques de almacenamiento, entre las cuales se tienen:

- **ORECO A/S (sistema BLABO®):** Multinacional con representación en Europa, África, Asia y Norteamérica (Ver Figura 3)

EUROPA:

STS Tank Cleaning Services

Area: Europe

C&S International

Area: Europe

Giovanni Aprile SpA

Area: Europe

Buchen Tank- and Turnaround Services GmbH

Area: Europe

KINEF Refinery

Associated partner*

Contact: Picon (Oreco representative)

Area: Russia

LUKOIL Neftochim Bourgas

Associated partner*

Contact: Picon (Oreco representative)

Area: Bulgaria

AFRICA:

VAOS Limited

Area: Libya

NCS Tank Cleaning Limited

Area: Nigeria, Cameroun, Senegal, Benin, Gabon,
Equatorial Guinea, Ghana, São Tomé & Príncipe, Côte
D'Ivoire, Congo, Gambia and Liberia

NORTE AMÉRICA:

Cinatra Clean Technologies, Inc.

Area: USA

ASIA:

Daqing Oilfield

Associated partner*

Contact: Hofung Technology (Oreco representative)

Area: China

Balmer Lawrie & Co. Ltd.

Area: India

KazTransOil

Area: Kazakhstan

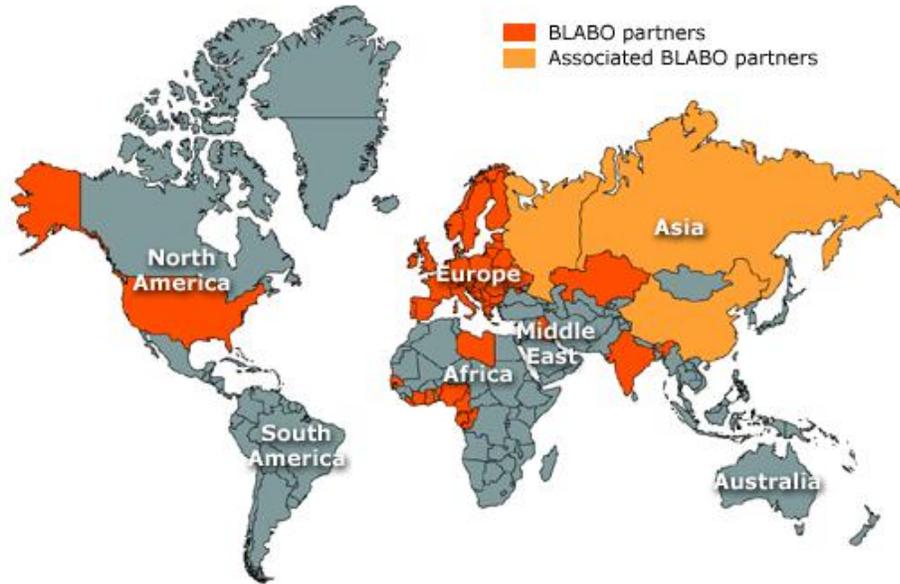
ORIENTE MEDIO:

Cubic Company Ltd.

Area: Iraq

GOFSCO

Area: Kuwait



- BLANCON: Presente en Egipto, Libia, España y México
- FJC ASESORIAS & SERVICIOS S.A.C.: Presente en Perú

Figura 3. Oferta del servicio de tratamiento de lodos por Oresco, sistema BLABO.

Fuente: ORECO (página web)

La anterior es solo una lista de las empresas del sector más representativas a nivel mundial, quedando sin nombrar muchas otras. Se concluye que dentro del marco global, la oferta del servicio de recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos, en particular de aquellos provenientes de los tanques de almacenamiento, es algo bastante común y que está en continua expansión. No obstante, en Colombia, como se verá mas adelante, la oferta de este servicio se limita en la actualidad a solo tres empresas, lo cual constituye una verdadera oportunidad de negocio, más aun cuando en la ciudad de Cartagena no existe ninguna firma especializada en el sector.

7.2 MARCO LOCAL

En la industria colombiana, Ecopetrol S.A. es la empresa que genera la mayor cantidad de lodos aceitosos. Estos se originan principalmente en Refinerías y terminales de almacenamiento adyacentes a Refinerías, por tener tanques de almacenamiento de productos pesados. Es de notar que en las ciudades de Barrancabermeja y Cartagena se encuentran las únicas Refinerías del País.

Como se mencionaba anteriormente, en Cartagena, (La Refinería de Cartagena y el Terminal Néstor Pineda-TNP) un tanque promedio de almacenamiento tiene 120 pies (37 metros) de diámetro. El nivel promedio de los lodos remanentes en los tanques, una vez que salen de servicio, es de aproximadamente 23 cm, lo que equivale a un volumen promedio de 250 m³ de lodos por tanque. Anualmente, entran en mantenimiento alrededor de 10 tanques, lo cual implica que se generan aproximadamente 2.500 m³ de lodos aceitosos al año. (Ver. Demanda)

Por otra parte, la Refinería atraviesa por un proceso de expansión, en donde se construirán alrededor de 30 tanques nuevos, lo cual trae consigo el aumento futuro (año 2013) en la capacidad de almacenamiento. Si se tiene en cuenta que actualmente la Refinería cuenta con alrededor de 100 tanques, esto implicaría un aumento considerable en la cantidad de tanques que salen a mantenimiento y, por ende, un incremento del 30% en el volumen de lodos generados a partir del año 2021 (para un total de 4.000 m³).

7.3 DESCRIPCIÓN DEL SERVICIO

El servicio a prestar por la planta, es el de recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos. Dichos lodos son extraídos previamente de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos a los que se le ha hecho (o se les está haciendo) mantenimiento, y se colocan en una piscina de lodos adyacente a los tanques. Está particularmente dirigida a empresas que procesan petróleo crudo (refinerías) y terminales de almacenamiento.

La planta será totalmente móvil. Tomará el lodo de la piscina, convirtiéndolo en la materia prima del proceso. El cual consiste, primero que todo, en una etapa de pre-tratamiento (calentamiento y separación en partículas finas mediante floculación) y, posteriormente, una separación de 3 fases (hidrocarburo, agua y lodo residual) mediante una centrífuga Tricanter.

Posteriormente, el hidrocarburo recuperado se coloca a disposición de la empresa cliente, para que haga uso de él en sus procesos.

El proceso realizado por la planta es eficaz, porque recupera la mayor cantidad de hidrocarburo y se pueden desechar los otros componentes de manera más económica.

El servicio ofrecido es muy atractivo para las empresas clientes, ya que significa para ellas una disminución en la problemática ambiental y en gastos de disposición del desecho, al reducir sustancialmente el lodo residual resultante del mantenimiento de tanques (solo un 10% del volumen inicial). Así mismo, permite el aprovechamiento de los hidrocarburos recuperados, utilizándolos como una entrada en su proceso de producción, lo cual representa rentabilidad para estas empresas.

Marketing:

Nombre de la empresa que operaría la planta: **STF Ltda.**

Significado: Servicio & Tecnología para Fluidización de Lodos y Recuperación de Hidrocarburos Ltda.

Símbolo de la empresa: Se puede observar en la Figura 4



Figura 4. Logotipo de la empresa

Diseño: Autores

Como se puede observar en la Figura 7, en el símbolo se representan los tres productos obtenidos después del centrifugado de los lodos (agua, hidrocarburo y lodo) y sus tamaños dan una idea de la proporción de los mismos. .

Eventualmente, la empresa podría ofrecer servicios complementarios tales como: extracción del lodo del tanque para su posterior tratamiento, y el transporte del lodo residual final (posterior al tratamiento) para su disposición final.

7.4 ANÁLISIS DE LA DEMANDA

DATOS IMPORTANTES

- La Refinería de Cartagena (Reficar S.A.) y el Terminal Néstor Pineda (TNP) en conjunto, cuentan actualmente con 100 tanques de almacenamiento. Esta capacidad aumentaría en un 30% en los próximos años, lo cual trae un incremento en la misma proporción del volumen de lodos generados (para un total estimado de 3250 m³ a partir del año 2021, si

se tiene en cuenta que los nuevos tanques serán abiertos y limpiados en un plazo aproximado de 10 años posterior a su entrada en operación)

- Continua generación de lodos aceitosos debida a la operación permanente de las empresas que serían clientes potenciales.
- Las empresas quieren recuperar los hidrocarburos susceptibles de ser recuperados de los lodos aceitosos, por el valor comercial que ellos tienen.

NECESIDAD

Un componente fundamental en cualquier refinería o estación de almacenamiento son los tanques metálicos de almacenamiento atmosférico de los hidrocarburos que allí se utilizan o procesan (petróleo y derivados). Durante su almacenamiento en periodos prolongados de tiempo, los componentes pesados de los hidrocarburos se acumulan en el fondo de los tanques. Estos residuos se conocen como lodos aceitosos.

Cuando un tanque requiere ser sacado de servicio para efectos de mantenimiento, estos lodos deben ser retirados del interior del mismo para proceder a su reparación.

Aunque existen diversas empresas en el sector de Mamonal que utilizan tanques de almacenamiento de hidrocarburos, este estudio de mercado se enfocará inicialmente en Reficar S.A. y el Terminal Néstor Pineda de Ecopetrol S.A. por las siguientes razones:

- a. La población actual de tanques de las dos empresas suman aproximadamente 100 unidades.
- b. Los lodos contenidos en los tanques de estas compañías, provienen en su mayoría de productos pesados, los cuales son los que generan mayor volumen de lodos.
- c. Aun no ha sido posible recopilar información detallada en cuanto a la cantidad, tamaño y producto almacenado en los tanques de otras empresas del sector. Sin embargo, haciendo un recorrido por la vía a Mamonal hacia el corregimiento de Pasacaballo, se puede observar que no hay más de 25 tanques de almacenamiento en estos sectores industriales y que además los productos almacenados son hidrocarburos livianos u otras sustancias que no son hidrocarburos (según el rombo NFPA que identifica el producto que almacena cada tanque) por lo que se concluye inicialmente

que no se tendría un volumen de lodos representativo que sea susceptible de ser tratado para la recuperación de hidrocarburos.

Por otra parte, la escogencia del sector de Mamonal para iniciar el estudio de mercado del servicio de recuperación de hidrocarburos, se produce debido a que en la ciudad de Cartagena aun no existen empresas que se dediquen a esta actividad, lo cual proporciona una oportunidad de negocio.

Actualmente, la Refinería de Cartagena (Reficar S.A.) y el Terminal Néstor Pineda de Ecopetrol S.A. realizan la disposición final de los lodos extraídos del interior de los tanques, a través del método de biorremediación (Land Farmig), el cual se realiza en terrenos ubicados en el interior de los predios de Reficar S.A. No obstante, próximamente estas zonas deberán desaparecer por disposiciones internas de la empresa.

Con base a lo anterior, se detecta la siguiente necesidad común a Reficar y a Ecopetrol, la cual debe ser satisfecha para posibilitar el mantenimiento de los tanques, sin lo cual estas empresas tendrían a la postre un impacto económico intolerable:

Disponer de los lodos aceitosos retirados del interior de los tanques cumpliendo con toda la legislación ambiental vigente, por medio de una técnica alterna a la bioremediación y cuyo costo sea similar o inferior a esta última.

DEMANDA

Evolución histórica del consumo:

De acuerdo a las fuentes contactadas, en la tabla 1 se muestran históricos del tratamiento de lodos por medio de centrifugado para los años 2004, 2005 y 2006 como se muestra a continuación:

Año	Valor contrato M\$	Lodos Aceitosos Tratados (M3)	HC Recuperado (Barriles)	Valor HC Recuperado M\$	Tasa de Cambio \$ /US
2004	\$ 77	1.250	2.800	\$ 113	\$ 2.700
2004	\$ 303	4.435	8.650	\$ 324	\$ 2.500
2005	\$ 32	600	-	\$ 0	\$ 0
2005	\$ 229	4.200	4.323	\$ 196	\$ 2.270
2006	\$ 232	2.034	1.361	\$ 63	\$ 2.300
Total	\$ 872	12.519	17.134	\$ 697	
Nota: Costo Aproximado de Biodegradación del M3 de Lodo Aceitoso \$ 90,000 (\$ 40 USD)					

Tabla 1. Tratamiento de lodos por centrifugación en Reficar S.A. – años 2004 al 2006

Fuente: Reficar S.A.

Estimación de la demanda:

Para la estimación de la demanda, se disponen de fuentes de información que proporcionan las dimensiones de los tanques existentes en Reficar y el TNP , así como el plan decenal de mantenimiento de los tanques de almacenamiento en estas empresas (Ver anexos). Con estas fuentes puede estimarse el volumen de los lodos que se generarían desde 2010 hasta 2019 con un margen aceptable de precisión, teniendo que por lo general el nivel de lodos en los tanques es de 23 cm en promedio.

En promedio, anualmente se generan en Reficar y el TNP 2500 m3 de lodos aceitosos de acuerdo a lo señalado en la Tabla 2.

No.	Descripción	Volumen M3
1	Tanques de almacenamiento de producto.	1.500
2	Lechos de secado de lodos (Unidad de tratamiento de lodos aceitosos)	300
3	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	400
4	Emergencias, Derrames y Otros	200
5	Paradas de las plantas.	100
TOTAL		2.500

Nota: 1 m³ = 6,289 barriles

Tabla 2. Generación anual de lodos aceitosos en Reficar S.A. y TNP

Fuente: Ecopetrol S.A.

De acuerdo a los históricos presentados y efectuando un cálculo promedio, la generación de lodos desde 2011 hasta 2019 estará en el rango de 1700 a 2200 m3. Estos datos no incluyen la demanda futura requerida por la nueva refinería dado que se presume que el primer programa de retiro de servicio y extracción de lodos de los nuevos tanques comenzaría a ejecutarse aproximadamente entre los años 2021 y 2023, si se tiene en cuenta que un tanque nuevo o reparado, tiene una corrida de funcionamiento promedio de 10 años.

Por otra parte, si se observa que la actual Refinería alcanza un volumen de procesamiento de 80.000 barriles de crudo diarios, y que la nueva Refinería alcanzaría un volumen de procesamiento de 165.000 barriles de crudo diarios, (un incremento de producción del 101% aproximadamente), puede estimarse que la generación de lodos futura (a partir de 2021), sería de 4000 m³ de lodos al año como mínimo).

El precio que actualmente están dispuestos a pagar los clientes potenciales, es de

\$ 593.000 por m3 de lodo tratado, dado que Reficar y Ecopetrol ha iniciado un proceso de contratación para el año 2011, para la recuperación de hidrocarburos contenidos en los lodos de sus tanques, con un presupuesto de aproximadamente \$ 890.000.000 para tratar aproximadamente 1600 m3 de lodos.

Es de notar que en este mercado, prácticamente los clientes o consumidores son quienes imponen el precio, con lo cual se tendría una demanda oligopólica.

7.5 ANÁLISIS DE OFERTA

De acuerdo a la información disponible, al parecer sola se conocen 3 firmas con la experiencia y los equipos requeridos para la recuperación de lodos aceitosos, las cuales se relacionan en la Tabla 3.

Nombre	Ciudad	Fortaleza	Debilidad
SERVIFRAN LTDA.	Barrancabermeja	Know How Equipos Tecnología	No es empresa local en Cartagena
PETROLABIN LTDA.	Bucaramanga	Know How	No es empresa local en Cartagena
CLARIANT (COLOMBIA) S.A.	Medellín	Know How	No es empresa local en Cartagena

Tabla 3. Empresas que realizan tratamiento de lodos aceitosos en Colombia.

Fuente Ecopetrol S.A.

No obstante, no se tienen datos acerca de los precios que ofrecen estas compañías al mercado. Sin embargo, como ya se comentó en el análisis de la demanda, el proceso de Contratación iniciado por Reficar y Ecopetrol implica que estas empresas deben ofrecer precios iguales o menores a \$ 593.000 por m3 de lodo tratado para ser competitivas.

Sin embargo, dada la reducida cantidad de empresas ofertantes, pudiese darse la situación de que todas estas empresas coincidan en establecer tarifas superiores a lo establecido en el presupuesto teniéndose una eventual situación de oligopolio

Bilateral, lo cual necesariamente incrementaría el precio del m³ de lodo tratado.

Debido a que Ecopetrol prefiere para efectos de contratación a empresas locales por los aspectos sociales que esto implica (empleo para personal de la región, crecimiento económico regional, etc.), se tiene una debilidad detectada en estas empresas ya que no son de la región ni del departamento de Bolívar.

7.5.1 Servicios sustitutos

En la actualidad se tienen diversas técnicas para el tratamiento de los lodos cumpliendo con las reglamentaciones ambientales. A continuación se presenta un resumen de estas técnicas según el Instituto Colombiano del Petróleo (ICP), como puede observarse en la Figura 5.

		Tratamiento de lodos aceitosos: Tecnologías disponibles		
LAND FARMING	FIJACION CON CAL	ENCAPSULAMIENTO	DESORPCIÓN TÉRMICA	BIOREMEDIACION
VENTAJAS	VENTAJAS	VENTAJAS	VENTAJAS	VENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo por m3 tratado - Disposición final aceptable ambientalmente - Bajos costos de inversión de capital 	<ul style="list-style-type: none"> - Bajo costo por m3 tratado - Bajos costos de inversión de capital 	<ul style="list-style-type: none"> - Fijación permanente de contaminantes - Tiempos cortos de proceso 	<ul style="list-style-type: none"> - Proceso rápido y continuo - Eliminación completa de la contaminación. - Independiente de condiciones climáticas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Costos competitivos - Disposición final aceptable ambientalmente - Puede realizarse in situ - Fijación metales pesados
DESVENTAJAS	DESVENTAJAS	DESVENTAJAS	DESVENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - Largos tiempos de tratamiento - Requiere amplias áreas para tratamiento - Requiere material de dilución 	<ul style="list-style-type: none"> - La contaminación permanece. - Requiere adecuación de sitio de disposición. - Riesgos operacionales por manejo productos corrosivos - Riesgo contaminación aguas superficiales y subterráneas. - Contaminación del aire 	<ul style="list-style-type: none"> - Altos costos de tratamiento - Altos costos de inversión - Prohibitivo para grandes volúmenes de contaminación - Requiere personal calificado 	<ul style="list-style-type: none"> - Posible contaminación de aire - Costos relativamente altos - Requiere disposición final de residuos sólidos - Alto consumo de energía - Altos costos de capital - Personal calificado para operación de la planta 	<ul style="list-style-type: none"> - Requiere de suficiente área disponible para el tratamiento - Eficiencia depende de condiciones climáticas.

Figura 5. Tecnologías disponibles para el tratamiento de lodos aceitosos.

Fuente: Ecopetrol S.A.

Como se ha comentado, la técnica empleada actualmente por Reficar y Ecopetrol ha sido la biorremediación y land Farming. Pero actualmente, estas empresas se encuentran analizando la implementación de nuevas técnicas debido a que las áreas de land Farming deberán desaparecer en el corto plazo. El costo promedio de tratamiento de lodos por el método de la biorremediación es de \$ 90.000 por m3, (No incluye costos de transporte y extracción del tanque) pero tiene el inconveniente de requerir terrenos con áreas considerables y una reglamentación ambiental muy restrictiva.

7.5.2 Competidores indirectos

En el sector de Cartagena, existen múltiples empresas que prestarían, potencialmente, el servicio de tratamientos de lodos por biorremediación, entre las cuales se tienen:

PH Ltda.

Carlos Jara & Cía Ltda.

Consa Ltda.

Laguna Morante Ltda.

Imerc Ltda.

Ingcons Ltda.

7.6 VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.

Tomando como parámetro que Reficar y el TNP en general, limpia un tanque a la vez (250 m³ de lodos en promedio), con una duración de la limpieza de un mes en promedio, (se limpiarían entre 8 y 10 tanques al año) y si se considera que solo 25 días de cada mes son laborables, puede calcularse que el volumen mínimo de producción diario que deben ofrecer las empresas para el tratamiento de lodos debe ser de:

$$\frac{250m^3}{25 \text{ días}} = 10 \frac{m^3}{\text{día}}$$

Por efectos de costos, no es recomendable que se ofrezca un volumen de producción muy superior a esta cantidad, dado que se tendrían periodos de improductividad, si todos los lodos se procesaran muy rápidamente (a un ritmo mayor al de extracción de los lodos de los tanques, actividad fuera del alcance del proyecto), lo cual no justificaría la inversión de equipos costosos de alta capacidad que a la postre serían subutilizados (elevada capacidad ociosa).

No se tienen detalles que permitan conocer la capacidad de producción de las tres empresas competidoras. Sin embargo, de acuerdo a información suministrada por Ecopetrol, las tres firmas tienen los requerimientos mínimos para la ejecución de los trabajos. Ecopetrol se reserva dar los detalles de la capacidad y los precios ofrecidos por cada firma. En todo caso se presume que todas estas empresas deben prestar su servicio “in situ” para minimizar los costos por transporte de lodos e hidrocarburos.

7.7 PRECIO

El precio inicial aproximado que debería ofrecer la empresa que opere la planta por cada m³ de lodo tratado, sería de \$ 570.000 + IVA (16%), tomando como base el precio establecido por Ecopetrol. Este precio incluiría:

- ✓ Prueba de laboratorio.
- ✓ Tratamiento de lodos aceitosos.
- ✓ Aditivos químicos.
- ✓ Transporte de hidrocarburo recuperado.

El precio anterior se estima teniendo en cuenta el valor aproximado del presupuesto que tendrían los eventuales clientes (Refinería de Cartagena y Terminal Néstor Pineda) para el tratamiento de los lodos.

Más adelante, en el estudio técnico se determinará el precio mínimo para el tratamiento de lodos y recuperación de hidrocarburos que debería ofrecer la planta.

7.8 CANALES DE DISTRIBUCIÓN

El canal de distribución, será la prestación del servicio en el sitio de generación de los lodos “**in situ**”.

Los principales factores que incidirán son:

- Disponibilidad de los equipos y herramientas en la zona
- Know How del servicio requerido
- Calidad del servicio
- Prestación del servicio en sitio, disminuyendo los costos al cliente debido al transporte del hidrocarburo.

7.9 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO

De acuerdo con lo mostrado por el estudio de mercado y con su respectivo análisis, se tienen las siguientes conclusiones:

- El sector de la refinación de hidrocarburos y, en general, el sector industrial en Cartagena, está en constante expansión, por lo que se detecta claramente una oportunidad de negocio que podría aprovecharse exitosamente por medio de la planta de recuperación de hidrocarburos. Lo anterior se justifica ya que habrá una continua generación de lodos aceitosos generados por las empresas que serían los clientes potenciales, las cuales deben cumplir con las legislaciones ambientales vigentes.
- Las empresas quieren recuperar los hidrocarburos susceptibles de ser recuperados de los lodos aceitosos, por el valor comercial que ellos tienen.
- Posteriormente, podrían desarrollarse nuevos proyectos de inversión asociados a procesos de la Refinería de Cartagena y de otras empresas que utilizan hidrocarburos en su operación.
- Las empresas que generan el mayor volumen de lodos de la región, son la Refinería de Cartagena S.A. y Ecopetrol S.A. (Terminal Néstor Pineda).

8. ESTUDIO TÉCNICO

8.1 TAMAÑO DE LA PLANTA (CAPACIDAD INSTALADA ÓPTIMA)

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.

Tomando como parámetro que Reficar y el TNP en general, limpia un tanque a la vez (250 m³ de lodos en promedio), con una duración de la limpieza de un mes en promedio, (se limpiarían entre 8 y 10 tanques al año) Si se considera que solo 25 días de cada mes son laborables, puede calcularse que el volumen mínimo de producción diario que deben ofrecer las empresas para el tratamiento de lodos debe ser de:

$$\frac{250m^3}{25 \text{ días}} = 10 m^3 / \text{día}$$

Por efectos de costos, no es recomendable que se ofrezca un volumen de producción muy superior a esta cantidad, dado que se tendrían períodos de improductividad. Si todos los lodos se procesaran muy rápidamente (a un ritmo mayor al de extracción de los lodos de los tanques, actividad fuera del alcance del proyecto), no se justificaría la inversión de equipos costosos de alta capacidad que a la postre serían subutilizados (elevada capacidad ociosa)

Teniendo en cuenta que la mayor densidad de los lodos a tratar es de 1200 Kg/m³, se seleccionó la Tricanter Z32-3 entre las opciones que brinda el fabricante Flottweg (Ver Tabla 4)

La tricanter nos limita la cantidad de lodos a tratar, y tenemos que los 10 m³ equivalen a 12000 kg. En el escenario más pesimista tendríamos que la capacidad mínima de la Tricanter es de 3000 kg/hr, lo que equivale a 24000 kg/día trabajando 8 horas diarias.

Por lo tanto, en 4 horas podríamos cubrir el requerimiento mínimo de volumen de lodos a tratar. Con base en esto podemos determinar que la Tricanter seleccionada corresponde a la capacidad óptima de la planta.

Tipo	Z32-3	Z4E-4	Z5E-4	Z6E-3	Z6E-4
Materiales de construcción	Todas las partes en contacto con el producto son fabricadas en acero inoxidable de alta calidad como 1.4463 (Duplex), 1.4571 (AISI 316 Ti), etc.				
Dimensiones	2 245 x 1 180 x 890 mm	2 980 x 1 000 x 1 200 mm	4 600 x 1 700 x 1 500 mm	4 527 x 1 705 x 1 500 mm	5 147 x 1 705 x 1 500 mm
Peso bruto*	1 680 kg	2 550 kg	6 220 kg	7 980 kg	9 230 kg
Potencia del motor (kW) para el accionamiento del tambor	15 kW	22 kW	37 – 55 kW	45 kW	55 kW
Potencia del motor para el accionamiento del tornillo (SIMP-DRIVE® FLOTTWEG)	5.5 kW	15 kW	15 – 22 kW	22 kW	22 kW
Capacidad según la alimentación*	> 3 000 kg/h	> 7 500 kg/h	> 10 000 kg/h	> 15 000 kg/h	> 20 000 kg/h
Opcional	Disponible también para instalaciones expuestas al riesgo de explosión Clase I, dicción 2 o ATEX 95 (para Europa)				
	Accionamiento hidráulico para tambor y tornillo				
	Las centrifugas FLOTTWEG mencionadas están disponibles en versión decanter (2-fases) y TRICANTER® (3-fases).				

Tabla 4. Datos técnicos de las tricanter Flottweg

Fuente: Flottweg AG (Página web)

Teniendo en cuenta las recomendaciones realizadas en las entrevistas con el personal de Ecopetrol, además de los elevados costos debidos al posible transporte de grandes volúmenes de lodos y el posible riesgo a un impacto ambiental negativo; se determinó que la planta sea móvil y será ubicada en el área del tanque a tratar dentro de las instalaciones del cliente, la planta será previamente ensamblada en las instalaciones de la empresa prestadora del servicio (STF Ltda).

8.2 LOCALIZACIÓN ÓPTIMA

La Refinería de Cartagena (Reficar S.A.) cuenta actualmente con 100 tanques de almacenamiento, y atraviesa por un proceso de expansión, lo cual trae consigo el aumento en la población de tanques en aproximadamente 30 unidades. Esto implica un aumento considerable en la cantidad de tanques que salen a mantenimiento y, por ende, un incremento del 30% en el volumen de lodos generados (para un total de 4.580m³). Con base en lo anterior, se determinó que la localización más óptima sería la ciudad de Cartagena.

Dado que el servicio de recuperación de lodos se prestará en el sitio de generación de los lodos (tanques de almacenamiento), el área de operación de la planta móvil de tratamiento de lodos, debe ser al interior de la Refinería de Cartagena y del terminal Néstor Pineda, distantes entre sí 3 Km (ver Figura 6).



Figura 6. Ubicación de nuestros clientes

Fuente: Google Maps

Los recintos de los tanques tienen espacios mayores a los ocupados por los equipos, motivo por el cual no se tendrán problemas de espacio durante la operación de la planta.

Cuando se desmovilice la planta y se requiera almacenar los equipos a la espera de su nueva utilización, se escoge el barrio Bella Vista (que dista de la Refinería 7 Km), el cual cuenta con

varías bodegas de almacenamiento. Aquí solo se efectuará almacenamiento de equipos y movilizaciones puntuales de los mismos, y se ubicarán las oficinas administrativas.

El volumen ocupado por los equipos para su almacenamiento es el mismo ocupado por tres contenedores de 12 m x 2,4 m x 2,4 m (210 m³). Por lo cual una bodega de 10 m de frente x 20 m de fondo x 8 m de altura, (1600 m³) es suficiente para el almacenamiento de los equipos y un camión de vacío, más espacio para una oficina administrativa. Los equipos como grúas, montacargas y tractomulas serán subcontratados al momento de utilizarse y por lo tanto no serán almacenados en la bodega (Ver método de selección en Tabla 5).

MÉTODO DE LOCALIZACIÓN POR PUNTEO

El método utilizado para seleccionar la localización es el cualitativo por punto, con un factor de escala de 0 a 5 y 9 variables relevantes.

FACTORES DETERMINANTES A EVALUAR	PESO	BUENAVISTA		BOSQUE	
		CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN	CALIFICACIÓN	PONDERACIÓN
Proximidad del mercado	30%	5	1,5	4	1,2
Vías de acceso	20%	4	0,8	4	0,8
Disponibilidad y costo de arriendo	10%	4	0,4	4	0,4
Costo de transporte planta	10%	5	0,5	4	0,4
Disponibilidad de mano de obra	5%	5	0,25	5	0,25
Disponibilidad de insumos	10%	5	0,5	5	0,5
Disponibilidad y tarifas de servicios públicos	5%	4	0,2	4	0,2
Facilidades de comunicación	5%	5	0,25	5	0,25
Actitud de los vecinos	5%	5	0,25	5	0,25
TOTAL	100%		4,65		4,25

Tabla 5. Variables para la localización.

Fuente: Autores

8.3 INGENIERÍA DEL PROYECTO

8.3.1 Proceso productivo

8.3.1.1. Estado inicial

Insumo

El insumo del proceso transformador es el lodo aceitoso que es extraído (Actividad fuera del alcance del proyecto), siendo este; la materia prima o entrada del proceso productivo, que posteriormente va a ser transformado mediante el proceso de centrifugación.

Suministros

Los suministros que serán empleados en el tratamiento de los lodos aceitosos, son los que se muestran en la Tabla 6:

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD (Por m3 de lodo)	VLR. UNIT. (\$)	VALOR Por m3 de lodo (\$)
ROMPEDOR ADITIVO QUIMICO TIPO FLOCTREAFWW9507	CANECA	0,297	4.200.000	1.247.400
QUIMICOS TRATAMIENTO DE AGUA: POLIMERO Y ALUMBRE	CANECA	0,088	6.000.000	528.000
ADITIVO SEPAPAR	CANECA	0,066	5.000.000	330.000
CONSUMIBLES PRUEBAS LABORATORIO	GLB	0,1310	2.000	262

Tabla 6. Suministros del proceso de tratamiento de lodos.

Fuente: Ecopetrol S.A.

8.3.1.2. Proceso transformador

Proceso

El proceso transformador puede verse reflejado en los diagramas de las Figuras 7 y 8.

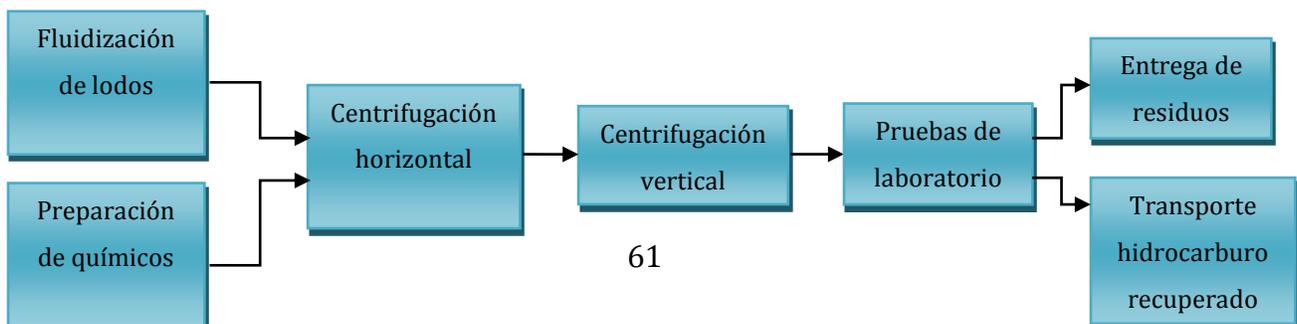


Figura 7. Proceso transformador

Fuente: Autores

A continuación, serán explicados los pasos del proceso:

- Fluidización de lodos: los lodos son recogidos y se vierten en uno o dos tanques, junto con un demulsificante, para ser fluidizados. Para esto, se calientan con los serpentines en espiral, y se mezclan para que la temperatura quede uniforme.
- Preparación de químicos: Se mezclan los aditivos químicos necesarios para los diferentes procesos de separación centrífugas.
- Centrifugación horizontal: Entran a la Tricanter lodos con hidrocarburos y la mezcla de químicos, y se produce una separación del lodo en 3 componentes (Salida): agua, hidrocarburo y lodo.
- Centrifugación vertical: El hidrocarburo saliente de la centrifugación horizontal, ingresa a una centrífuga de discos, para hacer una última separación, con el fin de hacer una separación un poco más limpia.
- Pruebas de laboratorio: Se realizan para verificar que los componentes productos de la separación, cumplan con los parámetros y la calidad exigida por el cliente (BWS)
- Transporte del hidrocarburo recuperado: El hidrocarburo recuperado que cumpla con el BSW, se transporta en un camión de vacío hasta el pozo de bombas GX-P-1/2 ubicado el área del separador y el hasta el pozo de bombas del Terminal Néstor Pineda TNP-P-8.
- Disposición final de residuos: los residuos productos de la separación se le entregan al cliente para que haga la adecuada disposición de ellos.

Fuente: Flottweg AC (página web)

Herramientas y equipos

A continuación, en la Tabla 7, se presentan los equipos y herramientas requeridas inicialmente.

HERRAMIENTAS Y EQUIPOS REQUERIDOS				
PRUEBAS DE LABORATORIO				
DESCRIPCIÓN	UN	CANTIDAD	Vr. UNITARIO	Vr. TOTAL
EQUIPO DE RETORTA PARA TPH % HC	unidad	1	\$ 5.000.000	\$ 5.000.000
CENTRIFUGA PARA ANALISIS DE BSW	unidad	1	\$ 8.750.000	\$ 8.750.000
PEACHIMETRO	unidad	1	\$ 2.000.000	\$ 2.000.000
TRATAMIENTO DE LODOS ACEITOSOS POR SISTEMA DE CENTRIFUGACION				
TRICANTER Z32-3	unidad	1	\$ 130.000.000	\$ 130.000.000
CAJA DISTRIBUIDORA PARA CONECTAR LOS EQUIPOS	unidad	1	\$ 2.700.000	\$ 2.700.000
BOMBA PARA DOSIFICACION DE POLIMERO	unidad	1	\$ 4.000.000	\$ 4.000.000
VARIADOR DE VELOCIDAD PARA LA TRICANTER	unidad	1	\$ 8.000.000	\$ 8.000.000
CASH TANK PARA CALENTAR EL LODO	unidad	1	\$ 20.000.000	\$ 20.000.000
CASH TANK PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA Y HC	unidad	2	\$ 40.000.000	\$ 80.000.000
SERPENTINES EN ESPIRAL PARA CALENTAR LODO	unidad	4	\$ 100.000	\$ 400.000
COMPRESOR DE AIRE 125 CFM	unidad	1	\$ 10.000.000	\$ 10.000.000
BOMBA NEUMATICA DE 3"	unidad	1	\$ 2.400.000	\$ 2.400.000
CENTRIFUGA VERTICAL ALFA LABAT	unidad	1	\$ 8.750.000	\$ 8.750.000
ZARANDAS "SHAKER"	unidad	10	\$ 720.000	\$ 7.200.000
PLANTA ELÉCTRICA	unidad	1	\$ 25.000.000	\$ 25.000.000
CALDERA de 100 lb DE VAPOR/h CON TANQUE DE AGUA	unidad	1	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000
FAST TANK	unidad	1	\$ 15.000.000	\$ 15.000.000
TRANSPORTE DE HIDROCARBURO RECUPERADO				
CAMION DE VACIO	unidad	1	\$ 120.000.000,00	\$ 120.000.000
TOTAL				\$ 479.200.000

Tabla 7. Equipos y herramientas

Fuente: Autores

8.3.1.3. Producto final

Producto

El producto final, que es lo que se intenta recuperar, es el hidrocarburo, se estima que se recuperará el 30% del volumen de lodo que entra al proceso.

Residuo

Los residuos que se generan del proceso son:

Agua (60%)

Lodo residual (10%)

En la Figura 9 pueden apreciarse los componentes que se obtienen de la separación de lodos por centrifugación.

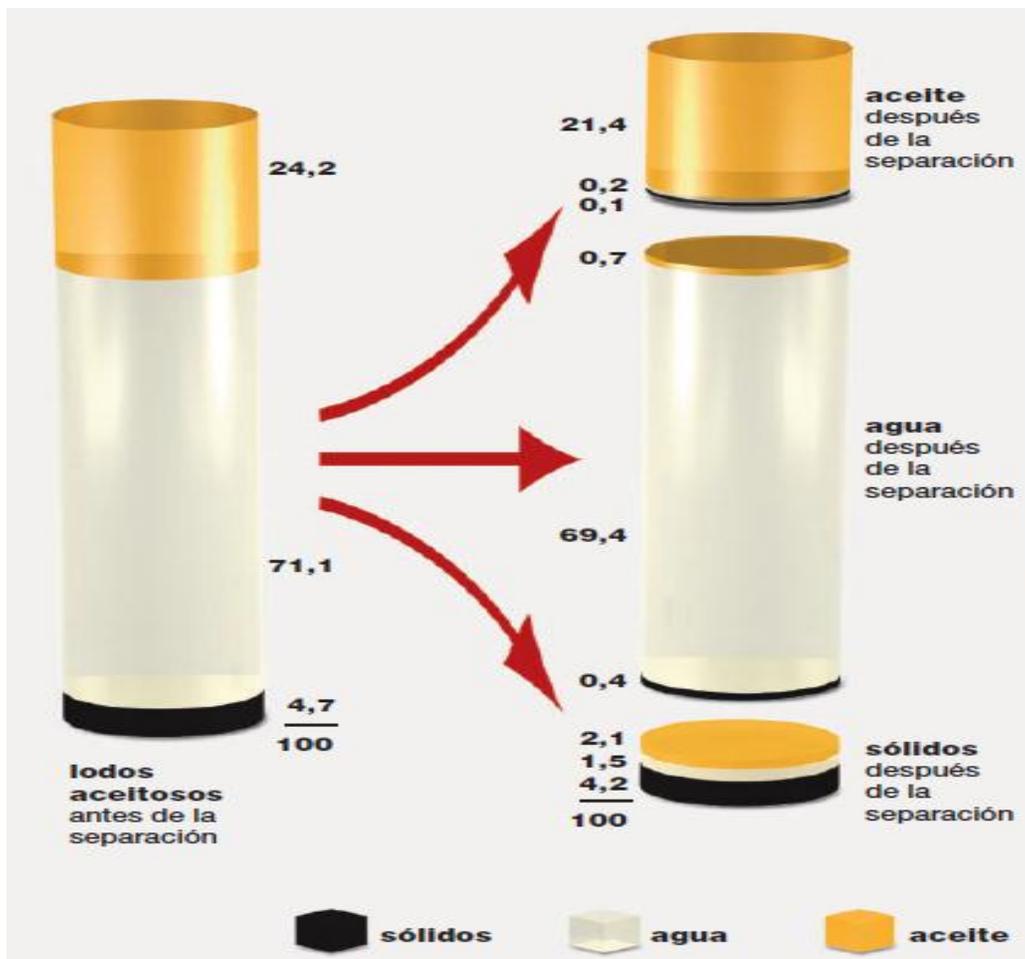


Figura 9. Productos salientes del tratamiento de lodos.

Fuente: Flottweg AC (página web)

8.3.2 Programa de producción

De acuerdo al plan decenal de mantenimiento de Ecopetrol y el TNP, y tomando como promedio una capa de lodos de 30 cm, se elabora el siguiente programa de producción para los próximos 10 años (Tabla 8). Sin embargo, siempre es probable que los tanques deban ser limpiados para cambio de servicio, lo cual implica extracción adicional de lodos a lo calculado por mantenimiento. Sin embargo, solo se toma este último escenario para manejar una demanda conservadora.

TANQUE	ÚLTIMO MTTO.	PRÓXIMO MTTO.	AÑOS SIN MTTO. AL 2010	PROBABILIDAD DE FALLA	DIÁMETRO TANQUE	VOL. LODOS
3063	1987	2011	23	VH	12.192	35
1102	1993	2011	17	VH	45.72	493
3033	1993	2011	17	VH	27.432	177
1104	1994	2011	16	VH	45.7	492
1106	1994	2011	16	VH	45.72	493
3014	1994	2011	16	VH	24.9936	147
3034	1994	2011	16	VH	36.576	315
3035	1994	2011	16	VH	36.6	316
1015	2000	2011	10	M	35.6616	300
3070	1996	2012	14	H	30.48	219
3012	1997	2012	13	H	21.336	107
3042	1997	2012	13	H	15.24	55
1007	1998	2012	12	H	35.6616	300
3011	1998	2012	12	H	21.336	107
3102	1998	2012	12	H	9.144	20
3030	2000	2012	10	M	33.528	265
3041	2001	2013	9	M	21.336	107

3060	2001	2013	9	M	15.2	54
1013	2004	2013	6	M	35.6616	300
3062	2004	2013	6	M	12.192	35
3055	2004	2014	6	L	27.4	177
1119	2005	2014	5	L	30.35	217
3013	2005	2014	5	L	12.2	35
3036	2005	2014	5	L	15.8	59
3045	2005	2014	5	L	15.5	57
3056	2005	2014	5	L	30.5	219
3080	2005	2014	5	L	30.48	219
3020	2009	2014	1	N	42.7	430

3021	2009	2014	1	N	42.7	430
1014	2005	2015	5	L	35.6616	300
1116	2005	2015	5	L	45.72	493
1008	2006	2015	4	N	35.7	300
3022	2006	2015	4	N	42.7	430
3040	2006	2015	4	N	18.288	79
3043	2006	2015	4	N	18.288	79
3053	2006	2015	4	N	33.5	264
3083	2006	2015	4	N	39.624	370
1111	2007	2016	3	N	35.7	300
3082	2007	2016	3	N	30.48	219
3104	2007	2016	3	N	12.192	35
3051	2008	2017	2	N	21.3	107
3054	2008	2017	2	N	27.4	177
1001	2008	2018	2	N	35.7	300
3044	2008	2018	2	N	21.3	107
3050	2008	2018	2	N	21.3	107
3110	2009	2018	1	N	14.0208	46

1018	2009	2019	1	N	60.96	876
1103	2009	2019	1	N	33.5	264
3061	2009	2019	1	N	15.24	55
3052	2010	2019	0	N	33.5	264
3071	2010	2019	0	N	30.48	219

PARA EL TNP

TANQUE	ÚLTIMO MTTO.	PRÓXIMO MTTO.	AÑOS SIN MANTENIMIENTO AL 2010	PROBABILIDAD DE FALLA	DIÁMETRO TANQUE	VOLUMENES
4107	1989	2011	21	VH	45.7	492
4110	1992	2011	18	VH	48.8	561
4104	1997	2011	13	H	42.7	430
4108	1999	2012	11	H	45.7	492
4111	2003	2013	7	L	48.8	561
4116	2004	2014	6	L	60.4	860
4117	2005	2015	5	L	60.4	860
4109	2007	2016	3	N	45.7	492
4120	2008	2017	2	N	60.4	860
4103	2008	2018	2	N	42.7	430
4102	2009	2019	1	N	42.7	430
4118	2009	2019	1	N	60.4	860
4105	F/S				21.3	107

Tabla 8. Programa de producción Reficar y TNP hasta el 2019.

Fuente: Ecopetrol S.A.

8.3.3. Distribución de la planta

La movilidad de la planta, debe permitir la ubicación de los equipos de manera que se adapten a los recintos de los tanques, que en su gran mayoría disponen de un amplio espacio para la distribución de los equipos.

A continuación, en la Figura 10, se presenta un esquema que señala la distribución aproximada que debería tener la planta de recuperación de hidrocarburos, al interior del recinto de un tanque. Cada tanque dispondrá de unas piscinas donde la empresa de achique y limpieza de tanques, deposita el material los lodos extraídos del interior del tanque. El área mínima requerida para la instalación de la planta se estima en 200 m².

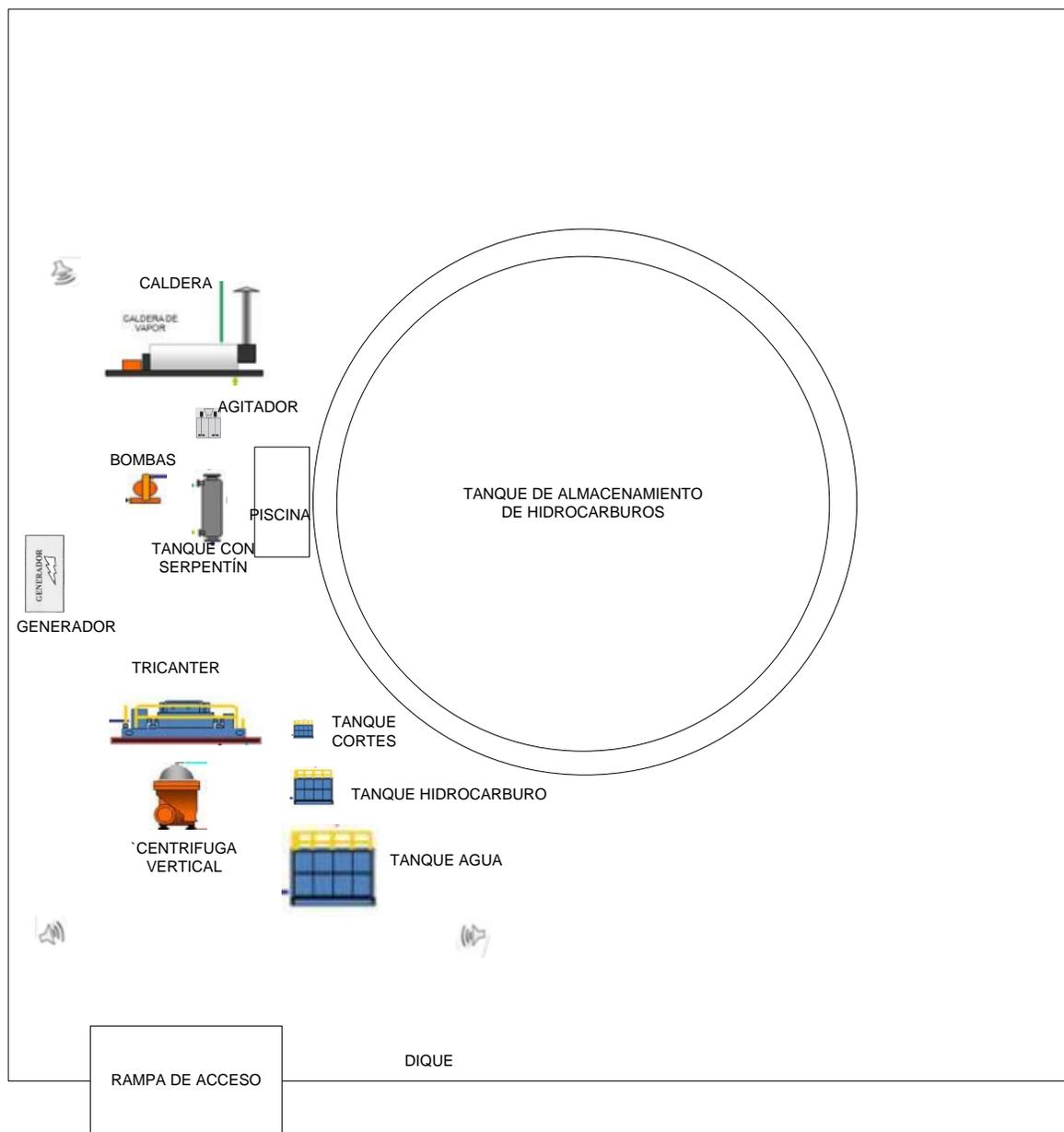


Figura 10. Esquema de distribución de la planta.

Fuente: Autores

8.3.3.1 Posibilidades de expansión

Teniendo en cuenta que la planta es modular y que la Tricanter es el equipo más crítico, debido a su elevado costo e importación, esta limitará las posibilidades de expansión por su capacidad en Kg/h de producto a tratar.

La planta del alcance de este proyecto fue diseñada para trabajar con una materia prima de 12000 Kg/día de lodos, con base en esto fue seleccionada una Tricanter Z32-3 que cumple como mínimo con este requisito. Teniendo en cuenta que esta Tricanter tiene una capacidad máxima de 3000 Kg/h, es decir 24000 Kg/día (Día de 8 horas laborales), se puede determinar que la capacidad de expansión de la planta es de aproximadamente 100%.

8.3.4. Control de calidad del proceso

Descripción: Realizar control permanente de los procesos, incluyendo análisis de los parámetros físico-químicos correspondientes al proceso de recuperación de hidrocarburo por separación centrifuga.

Alcance:

- Mediciones preliminares de la composición de los lodos extraídos de los tanques de almacenamiento, previo al inicio del tratamiento por separación centrifuga.
- Medición permanente día a día de los parámetros de BSW, para garantizar el cumplimiento de lo exigido, que es un BSW de 0.5 % en volumen.
- Medición de pH del agua separada.
- Medición del TPH (cantidad de hidrocarburo) del lodo con retorta.
- Medición de HC en Agua (ppm).
- Medición de los parámetros indicados para las corrientes de salida, por lo menos dos muestras tomadas para cada uno.
- Reportar diariamente y semanalmente los resultados obtenidos durante los monitoreos.

Parámetros físico-químicos del proceso de recuperación de hidrocarburo por separación centrifuga:

Los parámetros a cumplir en **las corrientes de salida** del proceso de recuperación de hidrocarburos son:

FASE AGUA

Contenido mínimo de agua, % volumen:	80-95
Contenido máximo de sólidos totales, % peso:	0.5
Contenido máximo de hidrocarburos, % peso:	1

FASE LODO

Contenido máximo de agua, % volumen:	5 -15
Contenido mínimo de sólidos totales, % peso:	65
Contenido máximo de hidrocarburos, % peso:	30

FASE HIDROCARBURO RECUPERADO

BSW máximo, tomado del tanque producto:	0.5 %.
---	--------

8.3.5. Balance de materiales y energía

Teniendo en cuenta las hojas de datos de los equipos eléctricos a utilizar, se pueden sacar los siguientes datos de consumo energético (Tabla 9), para funcionamiento normal del proceso:

EQUIPO		POTENCIA
TRICANTER	MOTOR P/PAL	15 KW
	MOTOR AUX	5,5 KW
CENTRÍFUGA DE DISCOS		5,5 KW
EQUIPO AUXILIAR		4 KW
TOTAL		30 KW

Tabla 9. Cargas del proceso.

Fuente: Autores

En el cuadro se ve reflejado que la carga total es de 30 KW, por lo cual se eligió la planta eléctrica Tritón TP 30-60 iT4.

Con el fin de obtener el dato de la cantidad de combustible necesario para el funcionamiento de la planta y genere la potencia requerida para todo el sistema, se busca en la hoja de datos del equipo, la componente de Fuel. En la Tabla 10, se puede apreciar este aparte de la hoja de datos.

Fuel	Fuel Consumption at 100% Power	litres/h	[gal/h]	9.5 [2.5]	10.6 [2.8]
	Fuel Consumption at 75% Power	litres/h	[gal/h]	7.2 [1.9]	7.7 [2.0]
	Fuel Consumption at 50% Power	litres/h	[gal/h]	4.7 [1.2]	5.3 [1.4]
	Total fuel flow	litres/h	[gal/h]	98 [26]	
	Standard Fuel Tank Capacity	litres	[gal]	85 [22]	

Tabla 10. Especificaciones de combustible para la planta eléctrica.

Fuente: Datasheet planta eléctrica Tritón TP3060-iT4

Para la planta eléctrica, que se va a tener en operación continua (prime), considerando el caso del 100% de la potencia (en el arranque, por ejemplo), se necesitarían 9.5 L/h de fuel. Este es el máximo de combustible que se necesitaría para la operación de la planta.

8.3.6 Organigrama

A continuación se presenta en la Figura 11, el organigrama propuesto para STF Ltda. Cabe anotar los cargos de Ingeniero Residente, Supervisor, Técnicos electricistas y ayudantes pueden aumentar en la medida que vaya creciendo la demanda.

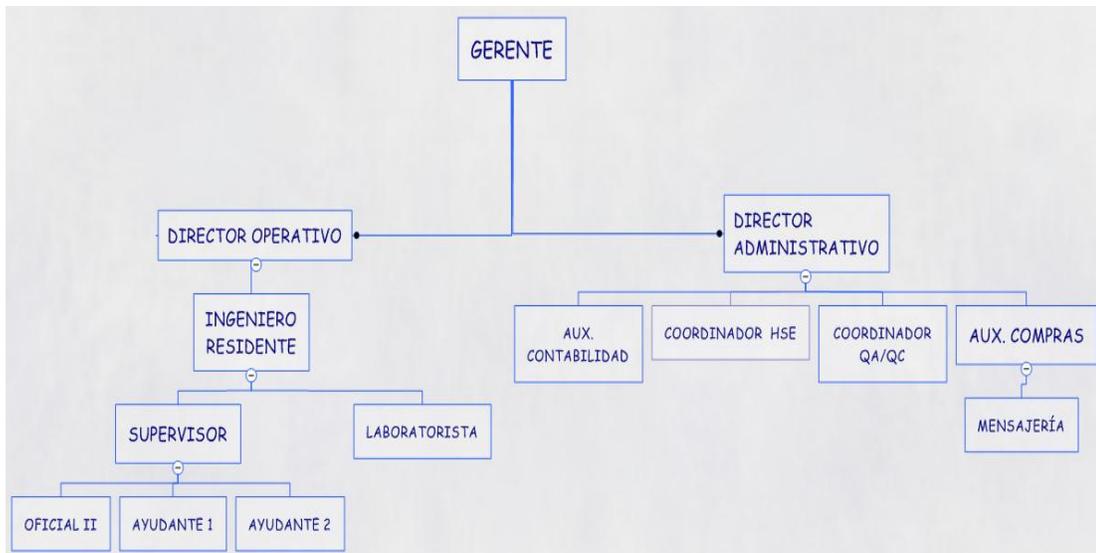


Figura 11. Organigrama

Fuente: Autores

A continuación se detalla en la Tabla 11, el salario nominal para cada uno de los cargos, expresado en múltiplos del salario mínimo mensual legal vigente del año 2011 (SMMLV)

CARGO	SALARIO MENSUAL	TOTAL ANUAL
Gerente	\$ 8.952.935	\$ 107.435.218
Director operativo	\$ 7.231.868	\$ 86.782.412
Director administrativo	\$ 7.231.868	\$ 86.782.412
Ingeniero residente	\$ 5.733.703	\$ 68.804.438
Coordiandor HSE	\$ 5.733.703	\$ 68.804.438
Coordinador QA/QC	\$ 5.733.703	\$ 68.804.438
Auxiliar contabilidad	\$ 1.896.559	\$ 22.758.711
Auxiliar de compras	\$ 1.896.559	\$ 22.758.711
Supervisor	\$ 4.877.509	\$ 58.530.104
Laboratorista	\$ 3.591.744	\$ 43.100.926
Oficial II	\$ 3.353.171	\$ 40.238.056
Ayudante 1	\$ 3.241.621	\$ 38.899.457
Ayudante 2	\$ 3.130.071	\$ 37.560.858
Mensajero	\$ 1.509.803	\$ 18.117.638
TOTAL SALARIOS		\$ 769.377.817

Tabla 11. Salarios

Fuente: Autores

9. ESTUDIO LEGAL Y AMBIENTAL

9.1 MARCO LEGAL

Como se ha podido apreciar desde el inicio de este estudio, el negocio de tratamiento de lodos residuales de hidrocarburos va dirigido a solucionar un problema ambiental en la disposición de los mismos a nivel industrial.

Se deben contemplar las regulaciones ambientales a nivel nacional, así como las políticas de manejo de residuos contaminados al interior de las empresas a las que se les prestará el servicio de recuperación de hidrocarburos.

El marco legal de referencia es el siguiente (Tabla 12):

LEGISLACIÓN AMBIENTAL NACIONAL	
BASE LEGAL	REFERENCIA
Ley 430 de 1998	Por la cual se dictan normas prohibitivas en materia ambiental referentes a los desechos peligrosos, y se dictan otras disposiciones.
Decreto 4741 de 2005	Se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
Decreto 321 de 1999	Se adopta el plan nacional de contingencia contra derrames de hidrocarburos, derivados y sustancias nocivas.
Decreto 1609 de 2002	Transporte por carretera de mercancías peligrosas en el territorio Colombiano

Tabla 12. Marco legal ambiental.
Fuente: Autores – Ecopetrol S.A.

9.2 ENTRADAS Y SALIDAS AL SISTEMA

En la Figura 12, se presenta el diagrama de flujo del proceso de tratamiento de lodos residuales, indicando sus entradas y salidas por actividad.

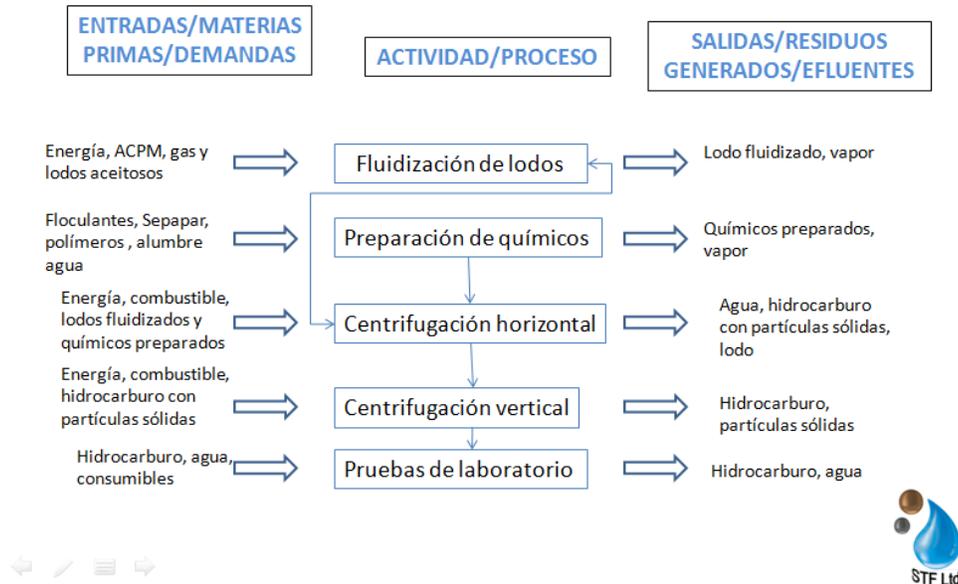


Figura 12. Entradas y salidas por actividad en el proceso
Fuente: Autores

9.3 MATRIZ ASPI-FARI

En el proceso de tratamiento de lodos de hidrocarburos, como se apreció en el punto anterior, existen unas actividades que, de una u otra manera, son susceptibles de producir impacto ambiental (ASPI). Asimismo, hay componentes susceptibles de ser impactados ambientalmente (FARI). Figura 13, puede apreciarse la relación entre estos dos componentes.

ASPI \ FARI	MEDIO FÍSICO						MEDIO BIÓTICO			MEDIO SOCIAL				
	Clima	Geología	Geomorfología	Suelos	Aguas	Aire	Paisaje	Vegetación terrestre o flora	Biota acuática	Fauna terrestre	Demografía	Político	Económico	Cultural
Fluidización de lodos				X		X								
Preparación de químicos				X	X	X			X					
Centrifugación horizontal				X		X								
Centrifugación vertical				X		X								
Pruebas de laboratorio					X	X								
Vertimiento de aguas					X			X	X	X				
Transporte de hidrocarburo recuperado				X		X		X	X	X				

Figura 13. Matriz ASPI-FARI del proceso de tratamiento de lodos
Fuente: Autores.

9.4 MATRIZ LEOPOLD DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

ACCIONES DEL PROYECTO (ASPI)	FARI	SUELO	AGUA	AIRE	FLORA	BIOTA ACUÁTICA	FAUNA TERRESTRE	SALUD DEL SER HUMANO	SOCIO-CULTURAL	No. DE INTERACCIONES		PROMEDIO	
										(+)	(-)	(+)	(-)
Fluidización de lodos		Posible derrame de lodos calientes - 2/3		Emisión de vapor al calentar los lodos - 1/2				Posible quemadura con equipos y/o lodo caliente - 1/2	Incremento de actividad socio-económica 2/3	1	3	2/3	- 5/9
Preparación de químicos		Posible derrame de floculante - 1/2	Posible derrame de floculante - 1/2	Emisión de gases - 1/2		Pueden caer químicos en el cuerpo de agua - 1/2		Afectación pulmonar por inhalación de gases - 1/2	Incremento de actividad socio-económica 2/3	1	5	2/3	- 1/2
Centrifugación horizontal		Posible derrame de lodo, hidrocarburo o agua - 2/3						Accidente laboral - 2/3	Incremento de actividad socio-económica 2/3	1	2	2/3	- 2/3
Centrifugación vertical		Posible derrame de lodo, hidrocarburo o agua - 2/3						Accidente laboral - 2/3	Incremento de actividad socio-económica 2/3	1	2	2/3	- 2/3
Pruebas de laboratorio			Falla en el control de calidad del agua que se va a verter - 1/2	Emisión de vapor - 1/2				Afectación asociada con reacciones químicas - 2/3	Incremento de actividad socio-económica 2/3	1	3	2/3	- 5/9
Vertimiento de aguas			Posibilidad de verter agua con hidrocarburo o lodo residual en canales acuáticos - 2/3		Posible afectación de especies que crecen en el cuerpo de agua - 1/2	Posible afectación de especies que viven en el cuerpo de agua - 1/2	Posible afectación de especies que ingieren agua del cuerpo de agua - 1/2		Incremento de actividad socio-económica 2/3	1	4	2/3	- 3/5
Transporte de hidrocarburo recuperado		Posible derrame de lodo - 2/3			Se ve afectado el pasto en el transporte del hidrocarburo en el camión - 1/2	Posible derrame de lodo en cuerpos de agua - 2/3	Se podrían pisar o atropellar especies en el transporte del hidrocarburo en el camión - 1/2	Accidente de tránsito - 2/3	Incremento de actividad socio-económica 2/3	1	4	2/3	- 3/5
No. DE INTERACCIONES	(+)	0	0	0	0	0	0	0	7				
	(-)	5	3	3	2	3	2	5	0				
PROMEDIO	(+)	0	0	0	0	0	0	0	2/3				
	(-)	- 5/8	- 5/9	- 1/2	- 1/2	- 5/9	- 1/2	- 3/5	0				

Figura 14. Matriz Leopold de evaluación de impactos ambientales

Fuente: Autores

9.5 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los factores ambientales más susceptibles de recibir impacto, según la Matriz Leopold (Figura 14) de la son: el suelo, la salud del ser humano y el agua. Es preciso hacer un plan de manejo ambiental para estos impactos, los cuales tuvieron la más alta calificación negativa en la matriz de evaluación.

Los aspectos positivos que traería el proyecto, se pueden ver a nivel social, ya que mejoraría la calidad de vida de la población (generación de empleo al contratar personal de la zona)

9.6 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

Luego de analizar los resultados, fueron tomados los impactos ambientales negativos más significativos, con el fin de realizar un plan de manejo ambiental (medidas de prevención, mitigación y control).

Este plan de manejo ambiental se puede observar en la Tabla 13.

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDAS	RESPONSABLE
FLUIDIZACIÓN DE LODOS	SUELO	Mantenimiento preventivo del shaker y de los equipos en general	Coordinador QA/QC
	AIRE	Uso de filtros para control de emisiones al ambiente	Coordinador HSE
	SALUD DEL SER HUMANO	Establecimiento y control de normas de seguridad industrial al operar los equipos	Coordinador HSE
PREPARACIÓN DE QUÍMICOS	SUELO	Establecimiento y control de procedimiento de preparación de químicos (para evitar derrames) / Uso de bandejas para recolectar el material y los fluidos derramados	Coordinador HSE
	AGUA	Prohibido el lavado de equipos y utensilios sobre y cerca de los cuerpos de agua, debido a la contaminación generada por los químicos / Se realizará filtrado al agua residual	Coordinador HSE
	AIRE	Uso de filtros para control de emisiones al ambiente	Coordinador HSE
	BIOTA ACUÁTICA	No se realizará esta actividad cerca a cuerpos de agua / Uso de bandejas para recolectar el material y los fluidos derramados	Coordinador HSE
	SALUD DEL SER HUMANO	Establecimiento y control de normas de seguridad industrial al operar los equipos	Coordinador HSE
CENTRIFUGACIÓN HORIZONTAL	SUELO	Mantenimiento preventivo de la Tricanter (semestral) para evitar fugas y emisiones nocivas al ambiente	Coordinador QA/QC
	SALUD DEL SER HUMANO	Establecimiento y control de normas de seguridad industrial al operar los equipos	Coordinador HSE

ACTIVIDAD	IMPACTO	MEDIDAS	RESPONSABLE
CENTRIFUGACIÓN VERTICAL	SUELO	Mantenimiento preventivo de la centrífuga de discos (semestral) para evitar fugas y emisiones nocivas al ambiente	Coordinador QA/QC
	SALUD DEL SER HUMANO	Establecimiento y control de normas de seguridad industrial al operar los equipos	Coordinador HSE
PRUEBAS DE LABORATORIO	AGUA	Tratamiento del agua proveniente de las mezclas / Disposición de materiales y fluidos, de acuerdo con la normatividad de uso del laboratorio	Coordinador HSE
	AIRE	Uso de filtros para control de emisiones al ambiente	Coordinador HSE
	SALUD DEL SER HUMANO	Establecimiento y control de normas de seguridad industrial al operar los equipos	Coordinador HSE
VERTIMIENTO DE AGUAS	AGUA	Realización de excelentes pruebas de laboratorio para verificar la calidad del agua a verter	Coordinador QA/QC
	BIOTA ACUÁTICA	Realización de excelentes pruebas de laboratorio para verificar la calidad del agua a verter	Coordinador QA/QC
	FAUNA TERRESTRE	Realización de excelentes pruebas de laboratorio para verificar la calidad del agua a verter	Coordinador QA/QC
	SALUD DEL SER HUMANO	Realización de excelentes pruebas de laboratorio para verificar la calidad del agua a verter	Coordinador QA/QC
TRANSPORTE DE HIDROCARBURO RECUPERADO	SUELO	Revisión y mantenimiento semestral del camión de vacío (la estructura del contenedor debe permanecer continuo, sin perforaciones, herméticamente sellado) / Evitar sobrecarga del camión / Utilizar llantas no tan anchas	Coordinador HSE
	FLORA	Evitar sobrecarga del camión / Utilizar solo las vías establecidas por la empresa contratante, para realizar el transporte / Utilizar llantas no tan anchas	Coordinador HSE / Ingeniero Residente
	AGUA	El lavado del vehículo solamente podrá hacerse en el sitio previamente acondicionado para tal fin, no cerca de los cuerpos de agua / Mantenimiento semestral del camión de vacío	Coordinador HSE
	FAUNA TERRESTRE	Evitar sobrecarga del camión / Utilizar solo las vías establecidas por la empresa contratante, para realizar el transporte / Utilizar llantas no tan anchas	Coordinador HSE / Ingeniero Residente
	SALUD DEL SER HUMANO	Establecimiento y control de normas de seguridad industrial al operar los equipos	Coordinador HSE

Tabla 13. Plan de Manejo Ambiental

Fuente: Autores

10. EVALUACIÓN FINANCIERA

Esta evaluación se elabora para organizar y modelar el negocio del tratamiento de lodos con la planta, en términos monetarios y, lo más importante, para conocer si el mismo es rentable, permitiendo tomar la decisión de invertir o no en él.

En las tablas siguientes se muestran las bases del análisis financiero (inversiones, ingresos, costos fijos y variables, WACC, N, y depreciación) y las variables de decisión TIR y VPN.

10.1 INVERSIONES

10.1.1 Inversión Fija

INVERSIÓN FIJA DEL PROYECTO	
CONCEPTO	AÑO 0
1. MAQUINARIAS Y EQUIPOS	
EQUIPO DE RETORTA PARA TPH % HC	\$ 5,000,000
CENTRIFUGA PARA ANALISIS DE BSW	\$ 8,750,000
PEACHIMETRO	\$ 2,000,000
TRICANTER Z32-3	\$ 130,000,000
CAJA DISTRIBUIDORA PARA CONECTAR LOS EQUIPOS	\$ 2,700,000
BOMBA PARA DOSIFICACION DE POLIMERO	\$ 4,000,000
VARIADOR DE VELOCIDAD PARA LA TRICANTER	\$ 8,000,000
CASH TANK PARA CALENTAR EL LODO	\$ 20,000,000
CASH TANK PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA Y HC	\$ 80,000,000
SERPENTINES EN ESPIRAL PARA CALENTAR LODO	\$ 400,000
COMPRESOR DE AIRE 125 CFM	\$ 10,000,000
BOMBA NEUMATICA DE 3"	\$ 2,400,000
CENTRIFUGA VERTICAL ALFA LABAT	\$ 8,750,000
ZARANDAS "SHAKER"	\$ 7,200,000
PLANTA ELÉCTRICA	\$ 25,000,000
CALDERA de 100 lb DE VAPOR/h CON TANQUE DE AGUA	\$ 30,000,000
FAST TANK	\$ 15,000,000
Subtotal	\$ 359,200,000

2. MUEBLES Y ENSERES	
Escritorios tipo gerencial (3)	\$ 450,000
Sillas ejecutivas ergonómicas (3)	\$ 585,000
Sillas interlocutoras (6)	\$ 354,000
Muebles escritorio cabinas x 6 con sillas ergonómicas	\$ 250,000
Mesa de juntas con sillas	\$ 250,000
Impresora multifuncional láser Samsung	\$ 575,000
Papeleras para oficina (6)	\$ 120,000
Caneca basura ordinarios (2)	\$ 60,000
Archivadores metálicos (5)	\$ 750,000
Perforadora semi-industrial (3)	\$ 105,000
Grapadora (9)	\$ 135,000
Horno microondas	\$ 140,000
Cafetera	\$ 80,000
Nevera mini-bar	\$ 500,000
Subtotal	\$ 4,354,000
3. VEHÍCULOS	
Camión de vacío	\$ 120,000,000
Camión para transporte de planta portátil	\$ 100,000,000
Motocicleta para mensajería	\$ 6,000,000
Subtotal	\$ 226,000,000
4. EDIFICIOS Y TERRENOS	
Container habitable para oficinas	\$ 28,000,000
Container para laboratorio	\$ 18,000,000
Subtotal	\$ 46,000,000
5. EQUIPO CÓMPUTO	
7 Computadores portátiles Sony Vaio Wifi Dual 2 Core 4gb 500gb	\$ 14,000,000
Computadores de escritorio Qbex Twin Intel Dual Core 3.2 18.5 Led	\$ 1,700,000
Subtotal	\$ 15,700,000
TOTAL	\$ 651,254,000

Tabla 14. Inversión fija del proyecto
Fuente: Autores

10.1.2 Inversión Pre-operativa

INVERSIÓN PREOPERATIVA DEL PROYECTO	
CONCEPTO	VALOR
Trabajos de investigación	\$ 850,000
Estudios	\$ 1,500,000
Capacitación	\$ 3,200,000
Organización y administración	\$ 4,700,000
Licencia ambiental	\$ 2,500,000
Acondionamiento de terrenos y edificaciones arrendadas	\$ 11,000,000
TOTAL	\$ 23,750,000

Tabla 15. Inversión pre-operativa del proyecto
Fuente: Autores

10.1.3 Depreciación de la Inversión fija

INVERSIÓN FIJA DEL PROYECTO								
CONCEPTO	Costo de adquisición	Vida útil (años)	Valor a depreciar por años	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
1. MAQUINARIAS Y EQUIPOS								
EQUIPO DE RETORTA PARA TPH % HC	\$ 5,000,000	10	\$ 500,000	\$ 500,000	\$ 500,000	\$ 500,000	\$ 500,000	\$ 500,000
CENTRIFUGA PARA ANALISIS DE BSW	\$ 8,750,000	10	\$ 875,000	\$ 875,000	\$ 875,000	\$ 875,000	\$ 875,000	\$ 875,000
PEACHIMETRO	\$ 2,000,000	10	\$ 200,000	\$ 200,000	\$ 200,000	\$ 200,000	\$ 200,000	\$ 200,000
TRICANTER Z32-3	\$ 130,000,000	10	\$ 13,000,000	\$ 13,000,000	\$ 13,000,000	\$ 13,000,000	\$ 13,000,000	\$ 13,000,000
CAJA DISTRIBUIDORA PARA CONECTAR LOS EQUIPOS	\$ 2,700,000	10	\$ 270,000	\$ 270,000	\$ 270,000	\$ 270,000	\$ 270,000	\$ 270,000
BOMBA PARA DOSIFICACION DE POLIMERO	\$ 4,000,000	10	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000	\$ 400,000
VARIADOR DE VELOCIDAD PARA LA TRICANTER	\$ 8,000,000	10	\$ 800,000	\$ 800,000	\$ 800,000	\$ 800,000	\$ 800,000	\$ 800,000
CASH TANK PARA CALENTAR EL LODO	\$ 20,000,000	10	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000	\$ 2,000,000
CASH TANK PARA ALMACENAMIENTO DE AGUA Y HC	\$ 80,000,000	10	\$ 8,000,000	\$ 8,000,000	\$ 8,000,000	\$ 8,000,000	\$ 8,000,000	\$ 8,000,000
SERPENTINES EN ESPIRAL PARA CALENTAR LODO	\$ 400,000	10	\$ 40,000	\$ 40,000	\$ 40,000	\$ 40,000	\$ 40,000	\$ 40,000
COMPRESOR DE AIRE 125 CFM	\$ 10,000,000	10	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000	\$ 1,000,000
BOMBA NEUMÁTICA DE 3"	\$ 2,400,000	10	\$ 240,000	\$ 240,000	\$ 240,000	\$ 240,000	\$ 240,000	\$ 240,000
CENTRIFUGA VERTICAL ALFA LABAT	\$ 8,750,000	10	\$ 875,000	\$ 875,000	\$ 875,000	\$ 875,000	\$ 875,000	\$ 875,000
ZARANDAS "SHAKER"	\$ 7,200,000	10	\$ 720,000	\$ 720,000	\$ 720,000	\$ 720,000	\$ 720,000	\$ 720,000
PLANTA ELÉCTRICA	\$ 25,000,000	10	\$ 2,500,000	\$ 2,500,000	\$ 2,500,000	\$ 2,500,000	\$ 2,500,000	\$ 2,500,000
CALDERA de 100 lb DE VAPOR/h CON TANQUE DE AGUA	\$ 30,000,000	10	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000
FAST TANK	\$ 15,000,000	10	\$ 1,500,000	\$ 1,500,000	\$ 1,500,000	\$ 1,500,000	\$ 1,500,000	\$ 1,500,000
2. MUEBLES Y ENSERES								
Container habitable para oficinas	\$ 28,000,000	10	\$ 2,800,000	\$ 2,800,000	\$ 2,800,000	\$ 2,800,000	\$ 2,800,000	\$ 2,800,000
Container para laboratorio	\$ 18,000,000	10	\$ 1,800,000	\$ 1,800,000	\$ 1,800,000	\$ 1,800,000	\$ 1,800,000	\$ 1,800,000
Escritorios tipo gerencial (3)	\$ 450,000	10	\$ 45,000	\$ 45,000	\$ 45,000	\$ 45,000	\$ 45,000	\$ 45,000
Sillas ejecutivas ergonómicas (3)	\$ 585,000	10	\$ 58,500	\$ 58,500	\$ 58,500	\$ 58,500	\$ 58,500	\$ 58,500
Sillas interlocutoras (6)	\$ 354,000	10	\$ 35,400	\$ 35,400	\$ 35,400	\$ 35,400	\$ 35,400	\$ 35,400
Muebles escritorio cabinas x 6 con sillas ergonómicas	\$ 250,000	10	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ 25,000
Mesa de juntas con sillas	\$ 250,000	10	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ 25,000	\$ 25,000
Impresora multifuncional láser Samsung	\$ 575,000	10	\$ 57,500	\$ 57,500	\$ 57,500	\$ 57,500	\$ 57,500	\$ 57,500
Papeleras para oficina (6)	\$ 120,000	10	\$ 12,000	\$ 12,000	\$ 12,000	\$ 12,000	\$ 12,000	\$ 12,000
Caneca basura ordinarios (2)	\$ 60,000	10	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000
Archivadores metálicos (5)	\$ 750,000	10	\$ 75,000	\$ 75,000	\$ 75,000	\$ 75,000	\$ 75,000	\$ 75,000
Perforadora semi-industrial (3)	\$ 105,000	10	\$ 10,500	\$ 10,500	\$ 10,500	\$ 10,500	\$ 10,500	\$ 10,500
Grapadora (9)	\$ 135,000	10	\$ 13,500	\$ 13,500	\$ 13,500	\$ 13,500	\$ 13,500	\$ 13,500
Horno microondas	\$ 140,000	10	\$ 14,000	\$ 14,000	\$ 14,000	\$ 14,000	\$ 14,000	\$ 14,000
Cafetera	\$ 80,000	10	\$ 8,000	\$ 8,000	\$ 8,000	\$ 8,000	\$ 8,000	\$ 8,000
Nevera mini-bar	\$ 500,000	10	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000	\$ 50,000
3. VEHÍCULOS								
Camión de vacío	\$ 120,000,000	5	\$ 24,000,000	\$ 24,000,000	\$ 24,000,000	\$ 24,000,000	\$ 24,000,000	\$ 24,000,000
Camión para transporte de planta portátil	\$ 100,000,000	5	\$ 20,000,000	\$ 20,000,000	\$ 20,000,000	\$ 20,000,000	\$ 20,000,000	\$ 20,000,000
Motocicleta para mensajería	\$ 6,000,000	5	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000	\$ 1,200,000
5. EQUIPO CÓMPUTO								
7 Computadores portátiles Sony Vaio Wifi Dual 2 Core 4gb 500gb	\$ 14,000,000	3	\$ 4,666,667	\$ 4,666,667	\$ 4,666,667	\$ 4,666,667	\$ 0	\$ 0
2 Computadores de escritorio Qbox Twin Intel Dual Core 3.2 18.5 Led	\$ 1,700,000	3	\$ 566,667	\$ 566,667	\$ 566,667	\$ 566,667	\$ 0	\$ 0
TOTAL DEPRECIACION				\$ 91,388,733	\$ 91,388,733	\$ 91,388,733	\$ 86,155,400	\$ 86,155,400
AMORTIZACION	\$ 4,750,000			\$ 4,750,000				
TOTAL DEPRECIACIÓN Y AMORTIZACIÓN				\$ 96,138,733	\$ 96,138,733	\$ 96,138,733	\$ 90,905,400	\$ 90,905,400

Tabla 16. Depreciación de la inversión fija del proyecto

Fuente: Autores

10.1.4 Capital de Trabajo

CONCEPTO	Meses - Año 1											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Recuado x ventas	\$ -	\$ -	\$ 142,500,000	\$ 142,500,000	\$ 142,500,000	\$ 142,500,000	\$ 142,500,000	\$ 142,500,000	\$ 142,500,000	\$ 142,500,000	\$ 142,500,000	\$ 142,500,000
Salario Empleados (Incluye parafiscales)	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826	\$ 42,152,826
Arriendo	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000	\$ 3,000,000
Servicios publicos	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000	\$ 700,000
Proveedores	\$ -	\$ 52,000,000	\$ 52,000,000	\$ 52,000,000	\$ 52,000,000	\$ 52,000,000	\$ 52,000,000	\$ 52,000,000	\$ 52,000,000	\$ 52,000,000	\$ 52,000,000	\$ 52,000,000
Cuota préstamo	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667	\$ 6,016,667
TOTAL SALIDA EFECTIVO	\$ 51,869,492	\$ 103,869,492	\$ 103,869,492	\$ 103,869,492	\$ 103,869,492	\$ 103,869,492	\$ 103,869,492	\$ 103,869,492	\$ 103,869,492	\$ 103,869,492	\$ 103,869,492	\$ 103,869,492
SALDO MES	\$ (51,869,492)	\$ (103,869,492)	\$ 38,630,508	\$ 38,630,508	\$ 38,630,508	\$ 38,630,508	\$ 38,630,508	\$ 38,630,508	\$ 38,630,508	\$ 38,630,508	\$ 38,630,508	\$ 38,630,508
SALDO ACUMULADO	\$ (51,869,492)	\$ (155,738,985)	\$ (117,108,477)	\$ (78,477,970)	\$ (39,847,462)	\$ (1,216,955)	\$ 37,413,553	\$ 76,044,060	\$ 114,674,568	\$ 153,305,075	\$ 191,935,583	\$ 230,566,090

Tabla 17. Cálculo del capital de trabajo
Fuente: Autores

Capital de trabajo: \$117.109.477

10.1.5 Inversión Inicial Total

INVERSIÓN INICIAL TOTAL DEL PROYECTO	
CONCEPTO	VALOR
INVERSIÓN FIJA	\$ 651,254,000
INVERSIÓN PREOPERATIVA	\$ 23,750,000
INVERSIÓN CAPITAL DE TRABAJO	\$ 117,108,477
TOTAL	\$ 792,112,477
Socios (60% de la inversión total)	\$ 475,267,486
Banco (40% de la inversión total)	\$ 316,844,991

Tabla 18. Cálculo de la inversión inicial total
Fuente: Autores

10.2 COSTOS

COSTOS DEL PROYECTO					
CONCEPTO	AÑOS				
	1	2	3	4	5
Material directo:					
Rompedor aditivo químico tipo FLOCTREAFW W9507	\$ 59,379,368	\$ 62,906,503	\$ 66,643,149	\$ 70,601,752	\$ 74,795,496
Químicos tratamiento de agua: polímero y alumbre	\$ 26,126,922	\$ 27,678,861	\$ 29,322,985	\$ 31,064,771	\$ 32,910,018
Aditivo SEPAPAR	\$ 15,551,739	\$ 16,475,513	\$ 17,454,158	\$ 18,490,935	\$ 19,589,297
Consumibles pruebas de laboratorio	\$ 10,367,826	\$ 10,983,675	\$ 11,636,105	\$ 12,327,290	\$ 13,059,531
Subtotal	\$ 111,425,856	\$ 118,044,551	\$ 125,056,398	\$ 132,484,748	\$ 140,354,342
Mano de obra directa:					
Laboratorista	\$ 43,100,926	\$ 45,661,121	\$ 48,373,391	\$ 51,246,771	\$ 54,290,829
Oficial II	\$ 41,637,567	\$ 44,110,838	\$ 46,731,022	\$ 49,506,845	\$ 52,447,552
Ayudante 1	\$ 38,899,457	\$ 41,210,085	\$ 43,657,964	\$ 46,251,247	\$ 48,998,571
Ayudante 2	\$ 37,560,858	\$ 39,791,973	\$ 42,155,616	\$ 44,659,660	\$ 47,312,443
Prestaciones sociales	\$ 16,462,010	\$ 17,439,854	\$ 18,475,781	\$ 19,573,242	\$ 20,735,893
Parafiscales	\$ 8,175,796	\$ 8,661,438	\$ 9,175,928	\$ 9,720,978	\$ 10,298,404
Seguridad social	\$ 25,194,809	\$ 26,691,381	\$ 28,276,849	\$ 29,956,494	\$ 31,735,910
Subtotal	\$ 161,198,807	\$ 170,774,017	\$ 180,917,993	\$ 191,664,522	\$ 203,049,395
CIF:					
Diesel	\$ 36,632,804	\$ 38,808,793	\$ 41,114,035	\$ 43,556,209	\$ 46,143,448
GAS	\$ 27,000,000	\$ 28,603,800	\$ 30,302,866	\$ 32,102,856	\$ 34,009,766
HIDRATACION PERSONAL	\$ 7,500,000	\$ 7,945,500	\$ 8,417,463	\$ 8,917,460	\$ 9,447,157
BAÑOS ECOLOGICOS	\$ 12,000,000	\$ 12,712,800	\$ 13,467,940	\$ 14,267,936	\$ 15,115,451
TRANSPORTE EQUIPOS	\$ 25,000,000	\$ 26,485,000	\$ 28,058,209	\$ 29,724,867	\$ 31,490,524
TRANSPORTE DE PERSONAL	\$ 42,000,000	\$ 44,494,800	\$ 47,137,791	\$ 49,937,776	\$ 52,904,080
TRANSPORTE DE MATERIALES	\$ 15,000,000	\$ 15,891,000	\$ 16,834,925	\$ 17,834,920	\$ 18,894,314
MANTENIMIENTO DE EQUIPOS	\$ 5,000,000	\$ 5,297,000	\$ 5,611,642	\$ 5,944,973	\$ 6,298,105
SEGURO DE EQUIPOS	\$ 2,000,000	\$ 2,118,800	\$ 2,244,657	\$ 2,377,989	\$ 2,519,242
Subtotal	\$ 172,132,804	\$ 182,357,493	\$ 193,189,528	\$ 204,664,986	\$ 216,822,086
Mano de obra indirecta:					
Ingeniero residente	\$ 68,804,438	\$ 72,891,422	\$ 77,221,172	\$ 81,808,110	\$ 86,667,511
Coordinador HSE	\$ 68,804,438	\$ 72,891,422	\$ 77,221,172	\$ 81,808,110	\$ 86,667,511
Coordinador QA/QC	\$ 68,804,438	\$ 72,891,422	\$ 77,221,172	\$ 81,808,110	\$ 86,667,511
Supervisor	\$ 58,530,104	\$ 62,006,792	\$ 65,689,995	\$ 69,591,981	\$ 73,725,745
Prestaciones sociales	\$ 27,723,760	\$ 29,370,551	\$ 31,115,162	\$ 32,963,402	\$ 34,921,428
Parafiscales	\$ 13,826,779	\$ 14,648,089	\$ 15,518,186	\$ 16,439,966	\$ 17,416,500
Seguridad social	\$ 42,113,187	\$ 44,614,710	\$ 47,264,824	\$ 50,072,354	\$ 53,046,652
Subtotal	\$ 264,943,418	\$ 280,681,057	\$ 297,353,511	\$ 315,016,310	\$ 333,728,279
TOTAL COSTOS (sin depreciacion)	\$ 709,700,885	\$ 751,857,117	\$ 796,517,430	\$ 843,830,566	\$ 893,954,101

Tabla 19. Costos del proyecto

Fuente: Autores

10.3 GASTOS

GASTOS DEL PROYECTO					
CONCEPTO	AÑOS				
	1	2	3	4	5
SALARIOS					
Gerente	\$ 107,435,218	\$ 113,816,870	\$ 120,577,592	\$ 127,739,901	\$ 135,327,652
Director operativo	\$ 86,782,412	\$ 91,937,287	\$ 97,398,362	\$ 103,183,825	\$ 109,312,944
Director administrativo	\$ 86,782,412	\$ 91,937,287	\$ 97,398,362	\$ 103,183,825	\$ 109,312,944
Auxiliar contabilidad	\$ 22,758,711	\$ 24,110,579	\$ 25,542,747	\$ 27,059,986	\$ 28,667,350
Auxiliar de compras	\$ 22,758,711	\$ 24,110,579	\$ 25,542,747	\$ 27,059,986	\$ 28,667,350
Mensajero	\$ 18,117,638	\$ 19,193,826	\$ 20,333,939	\$ 21,541,775	\$ 22,821,356
Prestaciones sociales	\$ 39,012,447	\$ 41,329,786	\$ 43,784,776	\$ 46,385,591	\$ 49,140,895
Parafiscales	\$ 18,255,026	\$ 19,339,374	\$ 20,488,133	\$ 21,705,128	\$ 22,994,413
Seguridad social	\$ 65,854,407	\$ 69,766,159	\$ 73,910,269	\$ 78,300,539	\$ 82,951,591
Servicios publicos	\$ 8,400,000	\$ 8,898,960	\$ 9,427,558	\$ 9,987,555	\$ 10,580,816
Arriendos	\$ 36,000,000	\$ 38,138,400	\$ 40,403,821	\$ 42,803,808	\$ 45,346,354
Aseo	\$ 18,000,000	\$ 19,069,200	\$ 20,201,910	\$ 21,401,904	\$ 22,673,177
Cafetería	\$ 3,600,000	\$ 3,813,840	\$ 4,040,382	\$ 4,280,381	\$ 4,534,635
Papelería	\$ 7,200,000	\$ 7,627,680	\$ 8,080,764	\$ 8,560,762	\$ 9,069,271
Vigilancia	\$ 31,200,000	\$ 33,053,280	\$ 35,016,645	\$ 37,096,634	\$ 39,300,174
TOTAL GASTOS (sin dep. ni amortiz)	\$ 449,035,103	\$ 475,707,788	\$ 503,964,830	\$ 533,900,341	\$ 565,614,021

Tabla 20. Gastos del proyecto

Fuente: Autores

10.4 WACC Y FINANCIACIÓN

WACC					
Teniendo en cuenta que:					
Inversión inicial total (I ₀) = \$ 792,112,477					
Financiación:					
Bancos	40%	\$ 316,844,991	Interes =	19%	
Socios	60%	\$ 475,267,486	Interes =	24%	
EA =	19%				
Costo promedio ponderado de capital (WACC) - Sin B/T =	0.22				

Tabla 21. WACC y Financiación
Fuente: Autores

TABLA DE AMORTIZACION DEL PRESTAMO			
Periodo	Interes	Capital	Cuota
0			
1	(\$60,200,548.29)	(\$43,423,658.79)	(\$103,624,207.08)
2	(\$51,950,053.12)	(\$51,674,153.96)	(\$103,624,207.08)
3	(\$42,131,963.87)	(\$61,492,243.21)	(\$103,624,207.08)
4	(\$30,448,437.66)	(\$73,175,769.42)	(\$103,624,207.08)
5	(\$16,545,041.47)	(\$87,079,165.61)	(\$103,624,207.08)

Tabla 22. Tabla de amortización del préstamo
Fuente: Autores

10.5 DETERMINACIÓN DEL PERÍODO DE EVALUACIÓN (n)

Como criterio para determinar el número de años para evaluar el proyecto (n), se tuvo en cuenta el plazo del préstamo bancario.

n = 5 años

10.6 VALOR DE DESECHO (Vd)

CÁLCULO VALOR DESECHO (Vd) - Por el método contable					
CONCEPTO	COSTO ADQUISICIÓN	VIDA ÚTIL (AÑOS)	VALOR DEPRECIACIÓN (AÑOS)	VALOR ACUMULADO DEPRECIACIÓN (4 AÑOS)	VALOR EN LIBROS
Contenedores	\$ 46,000,000	10	\$ 4,600,000	\$ 18,400,000	\$ 27,600,000
Maquinaria y equipos	\$ 359,200,000	10	\$ 35,920,000	\$ 143,680,000	\$ 215,520,000
Muebles y enseres	\$ 4,354,000	10	\$ 435,400	\$ 1,741,600	\$ 2,612,400
Vehículos	\$ 226,000,000	5	\$ 45,200,000	\$ 180,800,000	\$ 45,200,000
Equipos de cómputo	\$ 15,700,000	3	\$ 5,233,333	\$ 15,700,000	\$ -
TOTAL	\$ 651,254,000		\$ 91,388,733	\$ 360,321,600	\$ 290,932,400

Tabla 23. Cálculo del valor de desecho
Fuente: Autores

10.7 FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO

A continuación, se mostrará el flujo de caja del proyecto.

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO						
Concepto	0	1	2	3	4	5
Ingresos						
1	Metros cubicos a tratar		2.500	2.500	2.500	2.500
2	Precio de Venta	\$570.000	\$583.680	\$600.023	\$619.224	\$639.658
	Ingresos por Ventas	\$1.425.000.000,00	\$1.459.200.000,00	\$1.500.057.600,00	\$1.548.059.443,20	\$1.599.145.404,83
3	Venta de Activo					\$290.932.400,00
4	Total Ingresos		\$1.425.000.000,00	\$1.459.200.000,00	\$1.500.057.600,00	\$1.548.059.443,20
Egresos						
5	Costos Variables Totales	\$283.558.659,80	\$300.402.044,20	\$318.245.925,62	\$337.149.733,60	\$357.176.427,78
6	Costos Variables Totales (5)x(1)					
7	Costos Fijos	\$875.177.327,62	\$927.162.860,88	\$982.236.334,82	\$1.040.581.173,11	\$1.102.391.694,79
8	Depreciacion y Amortizacion	\$96.138.733,33	\$96.138.733,33	\$96.138.733,33	\$90.905.400,00	\$90.905.400,00
9	Valor en Libros Activos Vendidos					\$290.932.400,00
10	Total Egresos (6)+(7)+(8)+(9)	\$1.254.874.720,76	\$1.323.703.638,41	\$1.396.620.993,78	\$1.468.636.306,71	\$1.841.405.922,57
11	Utilidad Operativa (U.A.I.I.) (4)-(10)	\$170.125.279,24	\$135.496.361,59	\$103.436.606,22	\$79.423.136,49	\$48.671.882,25
12	(-) Pago de Intereses Prestamo bancario	\$60.200.548,29	\$51.950.053,12	\$42.131.963,87	\$30.448.437,66	\$16.545.041,47
13	Utilidad Antes de Impuestos (U.A.I.) (11)-(12)	\$109.924.730,95	\$83.546.308,47	\$61.304.642,36	\$48.974.698,83	\$32.126.840,79
14	(-) Impuesto Renta	\$40.672.150,45	\$30.912.134,13	\$22.682.717,67	\$18.120.638,57	\$11.886.931,09
15	Utilidad Neta (13)-(14)	\$69.252.580,50	\$52.634.174,33	\$38.621.924,68	\$30.854.060,26	\$20.239.909,70
Ajustes Contables						
16	(+) Depreciaciones y Amortizacion (8)	\$96.138.733,33	\$96.138.733,33	\$96.138.733,33	\$90.905.400,00	\$90.905.400,00
17	(+) Valor en Libros Activos Vendidos (9)					\$290.932.400,00
18	(-) Inversiones					
19	Terrenos	(\$46.000.000,00)				
20	Máquinas de planta	(\$359.200.000,00)				
21	Maquinas de administración	(\$15.700.000,00)				
22	Muebles y enseres	(\$4.354.000,00)				
23	Vehiculos	(\$226.000.000,00)				
24	Capital de Trabajo	(\$117.108.477,50)				
25	Disenos, construcción y montaje de la planta	(\$457.246.000,00)				
26	Gastos de Puesta en Marcha	(\$23.750.000,00)				
27						
28	Total Inversiones (19)+(20)+...+(26)	(\$1.249.358.477,50)	\$96.138.733,33	\$96.138.733,33	\$96.138.733,33	\$90.905.400,00
29	(+) Ingresos por Recursos de Creditos	\$499.743.391,00				
30	(+) Recuperacion de Capital de Trabajo					\$117.108.477,50
31	(+) Valor de Desecho por Ventas de Activos					\$290.932.400,00
34	(-) abono a capital prestamo		\$43.423.658,79	\$51.674.153,96	\$61.492.243,21	\$73.175.769,42
	Flujo Neto de Caja (15)+(16)+(17)+(27)+(28)+(29)+(30)-(31)	(\$749.615.086,50)	\$218.106.388,37	\$193.237.487,04	\$169.407.148,14	\$1.104.877.221,58
	VALOR PRESENTE NETO	\$1.623.282.494,67				
	TASA INTERNA DE RETORNO	27,64%				

Tabla 24. Flujo de caja del proyecto
Fuente: Autores

11. ESTUDIO DE RIESGOS DEL NEGOCIO

11.1 IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DEL NEGOCIO

A continuación, en la Tabla 26, se presentan los riesgos identificados con sus causas y consecuencias:

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS					
ID	CATEGORÍA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CAUSAS	CONSECUENCIAS
1	NORMATIVO	DERRAME DE LODOS O HIDROCARBUROS	Vertimiento accidental de lodos aceitosos o hidrocarburos recuperados en el terreno	Defectos en equipos y tanques de almacenamiento temporal. Errores humanos en el manejo de los equipos.	Multas ambientales. Insatisfacción del cliente
2	NORMATIVO	HIDROCARBURO RECUPERADO CON BSW INADMISIBLE	Presencia de agua y sedimentos en un porcentaje superior a 2% en los hidrocarburos recuperados.	Centrifugas con funcionamiento deficiente. Dosificación inadecuada de floculantes. Inadecuados controles de calidad durante las fases de centrifugado.	Insatisfacción del cliente. Reprocesos por garantía
3	NATURAL	TORMENTA O LLUVIAS FUERTES	Ocurrencia de lluvias torrenciales en las áreas de ejecución de los trabajos	Fenómeno natural	Daño en equipos. Contaminación con agua del hidrocarburo recuperado Suspensión de la ejecución de trabajos
4	NATURAL	INUNDACIONES	Ocurrencia de inundaciones en las zonas de ejecución de los trabajos.	Invierno intenso	Daño en equipos. Contaminación con agua del hidrocarburo recuperado Inundación de oficinas y áreas administrativas. Contaminación con lodos e hidrocarburos de cuerpos de agua
5	ECONOMICO	INSOLVENCIA EN CAPITAL DE TRABAJO	Cuando se acaba (o se va acabando) el capital de trabajo.	Pago tardío por parte de los clientes - No racionalización de los costos y gastos.	No pago de nómina - Falta de pago a proveedores - Bajas o nulas utilidades - Incumplimiento en el pago de las cuotas al banco
6	ECONOMICO	CAMBIO EN EL VALOR DE LAS DIVISAS	Incremento y/o aumento de la TRM para compra de maquinaria, equipos y repuestos	Mercado internacional	Mayor inversión al comprar repuestos, maquinaria y equipos - Ahorro en la inversión al adquirir MyE
7	CADENA DE SUMINISTRO	BAJA DISPONIBILIDAD DE INSUMOS	No conseguir los floculantes, los aditivos químicos y los consumibles de laboratorio, o no tenerlos a tiempo	No posesión de los insumos y suministros por parte de los proveedores - Dificultad en el transporte de la mercancía hasta nosotros - Ruptura de relaciones comerciales con los proveedores	Incumplimiento en el tiempo de prestación del servicio.
8	CADENA DE SUMINISTRO	DIFICULTAD PARA CONSECUCCIÓN DE REPUESTOS.	Que no se puedan obtener facilmente los repuestos de la Tricanter y la centrífuga de discos	No fabricación de repuestos por parte del proveedor en Alemania - Inconvenientes portuarios - Ruptura de relaciones comerciales con el fabricante.	Potencial incumplimiento en la prestación del servicio (si los equipos dejan de funcionar) - Tratamiento defectuoso de lodos.

Tabla 26. Identificación de riesgos, causas y consecuencias

Fuente: Autores

11.2. VALORACIÓN CUALITATIVA DE LOS RIESGOS

En la Tabla 27 se presenta la valoración cualitativa de los riesgos del proyecto

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS			VALORACIÓN CUALITATIVA DE RIESGOS									
ID	CATEGORÍA	NOMBRE	OBJETIVO: COSTO				OBJETIVO: CALIDAD					
			RIESGO PURO		COMENTARIOS RIESGO PURO	RIESGO RESIDUAL		RIESGO PURO		COMENTARIOS RIESGO PURO	RIESGO RESIDUAL	
			PROBABILIDAD	IMPACTO		PROBABILIDAD	IMPACTO	PROBABILIDAD	IMPACTO		PROBABILIDAD	IMPACTO
1	NORMATIVO	DERRAME DE LODOS O HIDROCARBUROS	MEDIA	CRITICO	Tiene un impacto muy importante en costos debido a los elevados montos de las multas ambientales por derrames de hidrocarburos y la pérdida de imagen ante los clientes. Adicionalmente la probabilidad de ocurrencia no es despreciable.	BAJA	MODERADO	MEDIA	LEVE	Tiene un impacto leve en calidad, ya que, si bien es cierto que quedaríamos mal ante el cliente con el servicio prestado (la planta va a operar dentro de las instalaciones del cliente), no es una condición grave y se puede manejar inmediatamente	BAJA	LEVE
2	NORMATIVO	HIDROCARBURO RECUPERADO CON BSW INADMISIBLE	MEDIA	CRITICO	Tiene un impacto muy importante en costos debido a que no se recibe pago por parte de los clientes por concepto de hidrocarburo recuperado con calidad inaceptable. Adicionalmente la probabilidad de ocurrencia no es despreciable.	BAJA	LEVE	MEDIA	MUY CRITICO	Tiene un impacto muy crítico, ya que se debe entregar al cliente un hidrocarburo recuperado con un BWS específico. Si no, el servicio no sería bueno.	BAJA	LEVE
3	NATURAL	TORMENTA O LLUVIAS FUERTES	MEDIA	CRITICO	Tiene un impacto crítico en costos por cuanto los equipos constituyen el mayor porcentaje del patrimonio de la planta. Así mismo se tendrían periodos improductivos y deterioro de la calidad del hidrocarburo recuperado. La probabilidad de ocurrencia es media.	MEDIA	MODERADO	MEDIA	MUY CRITICO	Tiene un impacto muy crítico, ya que se debe entregar al cliente un hidrocarburo recuperado libre de contaminación con agua. Además, estos fenómenos naturales, en gran magnitud, nos impedirían seguir operando la planta y cumplirle al cliente.	MEDIA	MODERADO
4	NATURAL	INUNDACIONES	BAJA	MUY CRITICO	Tiene un impacto muy crítico en costos por cuanto habría pérdida casi total de los activos de la planta. Por otra parte habría un impacto ambiental serio al contaminarse los cuerpos de agua	BAJA	CRITICO	BAJA	MUY CRITICO	Tiene un impacto muy crítico, ya que se debe entregar al cliente un hidrocarburo recuperado libre de contaminación con agua. Además, estos fenómenos naturales, en gran magnitud, nos impedirían seguir operando la planta y cumplirle al cliente.	BAJA	MODERADO
5	ECONOMICO	INSOLVENCIA EN CAPITAL DE TRABAJO	MEDIA	MUY CRITICO	Tiene un impacto muy crítico en costos por cuanto la empresa quedaría sin poder pagar sus costos y gastos del periodo, y la utilidad podría llegar a ser negativa, a tal punto que se tendría que liquidar la empresa.	MEDIA	CRITICO	MEDIA	MUY CRITICO	Tiene un impacto muy crítico, ya que, al no pagar a los proveedores y a la nómina, así como no cubrir costos y gastos, haría que no tuviéramos cómo responderle a los clientes en la prestación del servicio.	MEDIA	MODERADO
6	ECONOMICO	CAMBIO EN EL VALOR DE LAS DIVISAS	MUY ALTA	CRITICO	Tiene un impacto crítico en costos, por cuanto habría una variación en el presupuesto de la compra de maquinaria y equipos (al tener que cambiarlos), y de repuestos.	MUY ALTA	LEVE	MUY ALTA	MODERADO	Tiene un impacto moderado, ya que el cliente no se percataría de este factor.	MUY ALTA	LEVE
7	CADENA DE SUMINISTRO	BAJA DISPONIBILIDAD DE INSUMOS	MEDIA	MUY CRITICO	Tiene un impacto muy crítico en costos por cuanto no se podría ofrecer el servicio de tratamiento de lodos y, por consiguiente, no habría entrada de dinero.	BAJA	CRITICO	MEDIA	MUY CRITICO	Tiene un impacto muy crítico, ya que, al no tener los insumos a tiempo, conllevaría a que no respondiéramos bien en el servicio al cliente (desfases)	BAJA	MODERADO
8	CADENA DE SUMINISTRO	DIFICULTAD PARA CONSECUCCIÓN DE REPUESTOS.	BAJA	CRITICO	Tiene un impacto crítico en costos por cuanto no se podría ofrecer el servicio de tratamiento de lodos y, por consiguiente, no habría entrada de dinero.	BAJA	CRITICO	BAJA	MUY CRITICO	Tiene un impacto muy crítico, ya que, al no tener los repuestos a los equipos, no tendríamos cómo responder a los clientes en la operación.	BAJA	MUY CRITICO

Tabla 27. Valoración cualitativa de riesgos

Fuente: Autores

11.3. PLAN DE RESPUESTA A RIESGOS

PLAN DE TRATAMIENTO DE RIESGOS					
RIESGO	MEDIDA DE ADMINISTRACIÓN	TIPO	RESPONSABLE	FECHA ESTIMADA - FRECUENCIA DE APLICACIÓN	PLAN DE SEGUIMIENTO Y REPORTE
1	a. Establecer un plan de mantenimiento preventivo a los equipos.	Evitar	Coordinador QA/QC	Depende del equipo (en promedio cada 4 meses)	Posterior a la fecha de implementación de la acción, se verifica el cumplimiento de la misma. Lo anterior, se diligencia en un formato.
	b. Realizar capacitación de personal en planes de contingencia contra derrames.	Evitar	Coordinador QA/QC - Coordinador HSE	Cada 2 meses	
	c. Construir un dique temporal alrededor de la planta de recuperación de hidrocarburos	Mitigar	Director de operaciones - Ingeniero Residente	Cada vez que se inicie un trabajo en un nuevo tanque	
2	a. Establecer un plan de mantenimiento preventivo a los equipos.	Evitar	Coordinador QA/QC	Depende del equipo (en promedio cada 4 meses)	Posterior a la fecha de implementación de la acción, se verifica el cumplimiento de la misma. Lo anterior, se diligencia en un formato.
	b. Capacitación de personal y dejar procedimientos por escrito para dosificación adecuada de floculantes.	Evitar	Coordinador QA/QC	Cada 3 meses	
	c. Auditar la gestión de control de calidad del proceso y tomar acciones correctivas ante la presencia de hallazgos.	Evitar	Director de operaciones	Mensualmente	
3	a. Cubrir los equipos con una carpa a prueba de agua o con techos prefabricados.	Mitigar	Ingeniero Residente - Supervisor	Cada vez que se inicie un trabajo en un nuevo tanque	Posterior a la fecha de implementación de la acción, se verifica el cumplimiento de la misma. Lo anterior, se diligencia en un formato.
	b. Almacenamiento del hidrocarburo en tanques herméticos	Mitigar	Ingeniero Residente - Supervisor	Cada vez que se inicie un trabajo en un nuevo tanque	
4	a. Asegurar equipos y enseres	Transferir	Gerente	Anualmente	Posterior a la fecha de implementación de la acción, se verifica el cumplimiento de la misma. Lo anterior, se diligencia en un formato.
	b. Construir un dique temporal alrededor de la planta de recuperación de hidrocarburos	Mitigar	Director administrativo	Trimestralmente	
5	a. Pedir garantía bancaria	Transferir	Director administrativo	Anualmente (para cada renovación de contrato)	Posterior a la fecha de implementación de la acción, se verifica el cumplimiento de la misma. Lo anterior, se diligencia en un formato.
	b. Diseñar y controlar presupuesto de costos y gastos	Mitigar	Director administrativo	Trimestralmente	
6	b. Tener un inventario mínimo de repuestos.	Mitigar	Director administrativo	Anualmente	Posterior a la fecha de implementación de la acción, se verifica el cumplimiento de la misma. Lo anterior, se diligencia en un formato.
7	a. Tener un inventario mínimo de insumos	Evitar	Director administrativo	Trimestralmente	Posterior a la fecha de implementación de la acción, se verifica el cumplimiento de la misma. Lo anterior, se diligencia en un formato.
	b. Disponer de variedad de proveedores (mínimo 3)	Evitar	Director administrativo	Anualmente	
8	a. Tener un inventario mínimo de repuestos	Evitar	Director administrativo	Trimestralmente	Posterior a la fecha de implementación de la acción, se verifica el cumplimiento de la misma. Lo anterior, se diligencia en un formato.
	b. Ordenar la fabricación de los repuestos en talleres nacionales	Mitigar	Director administrativo	Anualmente	

Tabla 28. Plan de respuesta a riesgos

Fuente: Autores

11.4. VALORACIÓN CUANTITATIVA DE RIESGOS

En la Tabla 29 y 30, se muestran las escalas con las que fueron evaluados los riesgos:

ESCALA DE PROBABILIDAD O FRECUENCIA			
1	BAJA	25%	Baja probabilidad de que se presente o ha ocurrido en periodos de diez años o más
2	MEDIA	50%	Media probabilidad de que se presente o ha ocurrido en períodos de cinco años
3	ALTA	75%	Alta probabilidad de que se presente o ha sido de ocurrencia ocasional (una vez al año)
4	MUY ALTA	100%	Muy alta probabilidad de que se presente o ha sido de frecuente ocurrencia (varias veces al año)

Tabla 29. Escala de probabilidad de riesgos

Fuente: Autores

ESCALA DE IMPACTO	
1	LEVE
2	MODERADO
3	CRÍTICO
4	MUY CRÍTICO

Tabla 30. Escala de impacto de riesgos

Fuente: Autores

Una vez definidas las escalas, son evaluados los riesgos con respecto a su probabilidad de ocurrencia y severidad o impacto (Ver Tabla 31)

RIESGO COSTO - PURO					RIESGO COSTO - RESIDUAL				
PROBABILIDAD	MUY ALTA			6		6			
	ALTA								
	MEDIA			1, 2, 3		3	5		
	BAJA			8		2	1	8, 4, 7	
		LEVE	MODERADA	CRÍTICA	MUY CRÍTICA	LEVE	MODERADA	CRÍTICA	MUY CRÍTICA
		SEVERIDAD				SEVERIDAD			
RIESGO CALIDAD - PURO					RIESGO CALIDAD - RESIDUAL				
PROBABILIDAD	MUY ALTA		6			6			
	ALTA								
	MEDIA	1				3, 5			
	BAJA					1, 2	4, 7		8
		LEVE	MODERADA	CRÍTICA	MUY CRÍTICA	LEVE	MODERADA	CRÍTICA	MUY CRÍTICA
		SEVERIDAD				SEVERIDAD			
		RIESGO ACEPTABLE	No se requiere desarrollar acciones para minimizar el riesgo, ya que éste no genera consecuencias significativas. Para evitar que el riesgo se desplace hacia otras categorías, deben mantenerse las acciones implementadas para tal fin.						
		RIESGO TOLERABLE	Puede admitirse la presencia del riesgo, pero deben ser desarrolladas actividades para gestionarlo, a mediano plazo.						
		RIESGO NO TOLERABLE	Este riesgo no es admitido bajo ninguna circunstancia. Por lo anterior, es estrictamente necesario tomar medidas inmediatas para mitigar las consecuencias y la probabilidad de ocurrencia (en el plan de riesgos)						

Tabla 31. Valoración cuantitativa de riesgos

Fuente: Autores

11.5 PONDERACIÓN DE RIESGOS Y VULNERABILIDAD

En la Tabla 32 puede observarse la ponderación de riesgos, en cuanto a probabilidad y severidad

PONDERACIÓN DE RIESGOS					
PROBABILIDAD	MUY ALTA	25%	50%	75%	100%
	ALTA	19%	38%	56%	75%
	MEDIA	13%	25%	38%	50%
	BAJA	6,3%	13%	19%	25%
		LEVE	MODERADA	CRÍTICA	MUY CRÍTICA
		SEVERIDAD			

Tabla 32. Ponderación de riesgos

Fuente: Autores

En las Tablas 33 y 34, puede observarse la vulnerabilidad de los dos objetivos analizados: costos y calidad

NOMBRE	OBJETIVO: COSTO						
	RIESGO PURO			RIESGO RESIDUAL			REDUCCIÓN EN LA EXPOSICIÓN AL RIESGO
	PROBABILIDAD	IMPACTO	VULNERABILIDAD	PROBABILIDAD	IMPACTO	VULNERABILIDAD	
DERRAME DE LODOS O HIDROCARBUROS	50%	75%	38%	25%	50%	13%	25%
HIDROCARBURO RECUPERADO CON BSW INADMISIBLE	50%	75%	38%	25%	25%	6,3%	31,3%
TORMENTA O LLUVIAS FUERTES	50%	75%	38%	50%	50%	25%	13%
INUNDACIONES	25%	100%	25%	25%	75%	19%	6%
INSOLVENCIA EN CAPITAL DE TRABAJO	50%	100%	50%	50%	75%	38%	13%
CAMBIO EN EL VALOR DE LAS DIVISAS	100%	75%	75%	100%	50%	50%	25%
ESCASEZ DE INSUMOS	50%	100%	50%	25%	75%	19%	31%
DIFICULTAD PARA CONSECUCCIÓN DE REPUESTOS.	25%	75%	19%	25%	75%	19%	0%

Tabla 33. Vulnerabilidad de los costos

Fuente: Autores

NOMBRE	OBJETIVO: CALIDAD						
	RIESGO PURO			RIESGO RESIDUAL			REDUCCIÓN EN LA EXPOSICIÓN AL RIESGO
	PROBABILIDAD	IMPACTO	VULNERABILIDAD	PROBABILIDAD	IMPACTO	VULNERABILIDAD	
DERRAME DE LODOS O HIDROCARBUROS	50%	25%	13%	25%	25%	6,3%	6%
HIDROCARBURO RECUPERADO CON BSW INADMISIBLE	50%	100%	50%	25%	25%	6,3%	43,8%
TORMENTA O LLUVIAS FUERTES	50%	100%	50%	50%	50%	25%	25%
INUNDACIONES	25%	100%	25%	25%	25%	6,3%	19%
INSOLVENCIA EN CAPITAL DE TRABAJO	50%	100%	50%	50%	50%	25%	25%
CAMBIO EN EL VALOR DE LAS DIVISAS	100%	50%	50%	100%	25%	25%	25%
ESCASEZ DE INSUMOS	50%	100%	50%	25%	25%	6,3%	44%
DIFICULTAD PARA CONSECUICIÓN DE REPUESTOS.	25%	100%	25%	25%	100%	25%	0%

Tabla 34. Vulnerabilidad de la calidad

Fuente: Autores

12. PLAN PARA LA DIRECCIÓN DEL PROYECTO

El Plan para la Dirección del Proyecto integra y consolida todos los planes de gestión subsidiarios y las líneas base de los procesos de planificación.

En este apartado se presentan los planes subsidiarios y las líneas base del alcance, cronograma y de los costos, en los cuales se consigna las estrategias para lograr los objetivos del proyecto durante su futura ejecución. Este plan se elaboró de acuerdo a los parámetros del PMI (2008) y Yamal (2002).

Conforme a la metodología del PMI, el proceso de Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto se encuentra dentro del área de conocimiento de la Integración. Dentro de esta área también se encuentra el proceso de Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto cuyo principal entregable es el Project Charter. Este documento es la principal entrada para la elaboración del Plan para la Dirección del Proyecto, motivo por el cual debe realizarse antes de la elaboración de los planes de Gestión.

Por otra parte, dentro de esta área de conocimiento, también se encuentra el proceso de Realizar el Control Integrado de Cambios con el cual es posible revisar todas las solicitudes cambios, aprobar los mismos y gestionar los cambios respectivos al Plan para la Dirección del Proyecto.

12.1. GESTIÓN DE LA INTEGRACIÓN

Es la que se lleva a cabo a través de todo el proyecto, integrando efectivamente de todas las áreas de conocimiento.

12.1.1. Project Charter

El Project Charter se formaliza al inicio del proyecto y se describe las expectativas de los interesados. A continuación se detalla el Project Charter para el proyecto en estudio:

Fecha: 12/07/2011

Nombre del Proyecto: Diseño, construcción y puesta en marcha de una planta móvil para recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos provenientes de tanques de almacenamiento de la Refinería de Cartagena y el Terminal Néstor Pineda (TNP)

Objetivos y Alcance

Oportunidad de Negocio

Inexistencia en la región de Cartagena de una planta móvil para la recuperación de hidrocarburos a partir de lodos en el sitio de generación. Además de brindar esta solución, se reduce el impacto ambiental que genera esta actividad.

Objetivo

Diseñar, construir y poner en marcha una planta móvil para la recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos provenientes de tanques de almacenamiento de la Refinería de Cartagena y el Terminal Néstor Pineda (TNP), como alternativa para el tratamiento de lodos generados y la reducción del impacto ambiental de estos residuos.

Alcance del Proyecto

Hace parte del Proyecto	No hace Parte del Proyecto
Estudios preliminares	Operación de la planta
Licencias y permisos ambientales	Operación del Negocio de tratamiento de lodos

Ingeniería de detalle para el montaje	
Adquisición de materiales para el montaje	
Adquisición de equipos de la planta	
Montaje de la planta y laboratorio móvil	
Pruebas y puesta en marcha	
Capitalización y cierre	

Entregables / Requerimientos y Criterios de Aceptación

Entregable	Criterios de Aceptación
Diseños para la construcción de la planta	Validar que todos los diseños cumplan con las Normas y Especificaciones Nacionales e Internacionales requeridas
Suministro y montaje de equipos	Los equipos se instalaron de acuerdo a los requerimientos y a las recomendaciones de los fabricantes
Pruebas de Operación de Equipos	Comprobar que los equipos funcionen de manera individual, sin carga y como parte del conjunto proceso de producción
Entrega a Operación	Entregar a satisfacción la planta al equipo de operaciones asignado
Capitalización y cierre	Liquidación de los contratos Acta de cierre

Supuestos y Restricciones

Supuestos	Restricciones
------------------	----------------------

Se cuenta con un contrato previamente firmado para el tratamiento de los lodos con la empresa Ecopetrol (Refinería de Cartagena y TNP)	La finalización de la construcción de la planta no puede exceder el año 2012
La TRM se mantiene con la tendencia del último año	Se trabajará solo de lunes a viernes como jornada laboral
La legislación ambiental actual vigente no será modificada como mínimo, hasta la puesta en funcionamiento de la planta	El área de la planta no puede ser mayor a 500 mts ²
Las políticas de comercio internacional, no será modificada como mínimo hasta que se tengan los equipos en obra	
La empresa a la cual le será prestado el servicio de recuperación de hidrocarburos, no realizará cobro por el uso de sus instalaciones durante el proceso.	

Recursos, Roles y Responsabilidades

Recursos	Rol	Responsabilidades
William Cruz	Sponsor	Patrocinador del Proyecto
Fabián Méndez	Gerente de Proyecto	Cumplir con el Plan de Dirección del Proyecto
Adriana Argumedo	Administrador	Efectuar la gestión de compras de equipos y materiales para la ejecución del proyecto.
Pepito Pérez	Director de Obras	Ejecutar el proyecto cumpliendo con las especificaciones técnicas requeridas

Riesgos, Impactos y Contingencias

Riesgo	Impacto en el Proyecto	Contingencia
Financiación	Se detiene el Proyecto	Buscar Socios Capitalistas Adquirir equipos usados
Otorgamiento de Licencias y Permisos	No se puede realizar el Proyecto	Realizar acercamiento con los entes que otorgan las licencias y permisos y exponer el beneficio social y ambiental que genera el proyecto
Ingreso de nuevos competidores	Disminuye la demanda	Garantizar la salida en operación de la fábrica. Establecer mecanismos estrictos de seguimiento y control. Utilización de equipos de alta eficiencia para reducción de costos de operación.

Hitos del Proyecto

Hito	Fecha
Diseños para la construcción de la planta.	Pasados 130 días desde el inicio del proyecto
Importación y adquisición de equipos requeridos	Pasados 190 días desde el inicio del proyecto
Suministro y montaje de equipos	Pasados 270 días desde el inicio del proyecto
Pruebas de operación de equipos	Pasados 278 días desde el inicio del proyecto

Entrega a operación	Pasados 300 días desde el inicio del proyecto
---------------------	---

Costo del Proyecto

El proyecto tiene un costo total de \$ 750.000 USD

Aprobación: _____

Sponsor Gerente del Proyecto Fecha

12.1.2. Solicitud de cambios

A continuación, en las figuras 15a y 15b, se presentan, respectivamente, el formato y el flujograma que se emplearían en la ejecución del proyecto para hacer solicitudes de cambios, los cuales, eventualmente, pueden involucrar cambios al Plan de Gestión (Dirección) del Proyecto. El encargado de garantizar el cumplimiento o ejecución de los cambios solicitados será el director del proyecto.

Fecha: FORMATO SOLICITUD DE CAMBIOS

Nombre del Proyecto: Construcción de una planta móvil para la recuperación de hidrocarburos contenidos en los lodos residuales

Solicitante:

Fecha de Solicitud:

Tipo de Cambio:

Descripción del Cambio:

Razón del Cambio:

Implicaciones de no Ejecutar el Cambio:

Firma Del Solicitante

Gerente de Proyecto

Fecha de Recibo:

Solicitud de Cambio No.:

Tiempo Requerido para Ejecutar el Cambio: Costo (fms x 1000):

<input type="checkbox"/> Equipos y herramientas	Costo:
<input type="checkbox"/> Materiales	Costo:
<input type="checkbox"/> Mano de obra	Costo:
TOTAL COSTO:	

Fecha estimada de Finalización del Cambio:

Relación de Aprobación

<input checked="" type="checkbox"/> Análisis de la Solicitud de Cambio Aprobada	<input checked="" type="checkbox"/> Solicitud de Cambio Aprobada
<input type="checkbox"/> Análisis de la Solicitud de Cambio Rechazada	<input type="checkbox"/> Solicitud de Cambio Rechazada

Fecha: Fecha:

COMENTARIOS:
 Teniendo la aprobación del cambio propuesto se deben implementar los mecanismos de seguimiento y control con el fin de asegurar que el cambio se implemente dentro del plazo propuesto, el alcance requerido y los costos adicionales aprobados

Signature of Project Sponsor

I

Figura 15a. Solicitud de cambios

Fuente: Autores

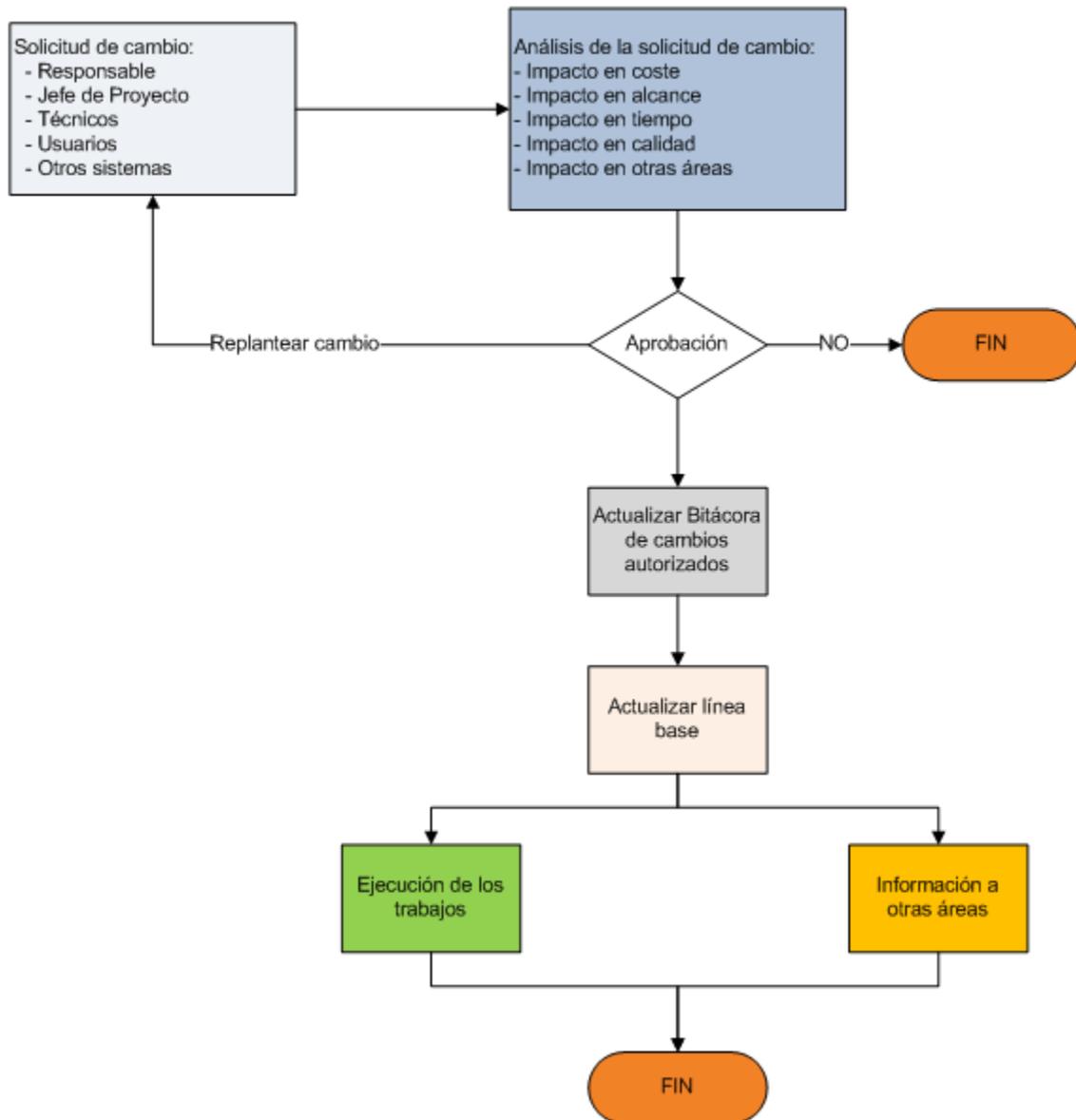


Figura 15b. Flujograma de la gestión de cambios

Fuente: Autores

12.2. DESARROLLO DEL PLAN DE GESTIÓN DEL PROYECTO

El contenido del plan de gestión (dirección) del proyecto se muestra en la Tabla 35 y contiene el desarrollo de las áreas del conocimiento descritas por el PMI y se desarrolla a continuación.

ÁREA	DOCUMENTO
Alcance	Plan de Gestión del Alcance Plan de Gestión de Requisitos Línea Base del alcance <ul style="list-style-type: none">• Enunciado del alcance• WBS• Diccionario de la WBS
Tiempo	Plan de Gestión del Cronograma Línea Base del Cronograma
Costo	Plan de Gestión de Costos Línea Base del Desempeño de Costos
Calidad	Plan de Gestión de Calidad Plan de Mejoras del Proceso
Recursos Humanos	Plan de Recursos Humanos
Comunicaciones	Plan de Gestión de Las Adquisiciones
Riesgos	Plan de Gestión de Riesgos
Adquisiciones	Plan de Gestión de las Adquisiciones

Tabla 35. Contenido del plan de gestión del proyecto

Fuente: Autores

12.3. GESTION DEL ALCANCE

Asegura que el proyecto incluya solo el trabajo requerido para cumplir con los objetivos del mismo:

12.3.1 Plan de Gestión del Alcance

El plan de Gestión del Alcance, conforme a lo indicado por el PMI, es un esfuerzo de planificación necesario para llevar a cabo adecuadamente los procesos de la gestión del alcance del Proyecto. A continuación se relacionan cada uno de los procesos involucrados y la respectiva planeación para un desarrollo adecuado de los mismos:

- **Recopilar Requisitos:** Para este proceso, se tomará como entradas el Acta de Constitución del Proyecto (Project Charter) y el Registro de Interesados: Este último se muestra en la Tabla 36

REGISTRO DE INTERESADOS							
NOMBRE DEL PROYECTO		Construcción de una planta móvil para recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos provenientes de tanques de almacenamiento de las empresas del sector de Mamonal					
IDENTIFICACION			EVALUACION			CLASIFICACION	
Nombre	Rol en el Proyecto	Información de Contacto	Requerimientos Primordiales	Expectativas Principales	Influencia	Interno/Externo	Apoyo/Neutro/Opositor
William Cruz	Sponsor	wrcard@hotmail.com	Otorgar los recursos financieros requeridos para la ejecución del proyecto.	Satisfacción del cliente al finalizar y entrega de la planta	Alta	Interno	Apoyo
Fabián Méndez	Gerente de Proyecto	fmendez@yahoo.es	Cumplir con el Plan de Dirección del Proyecto	Finalizar la construcción de la planta dentro de los requerimientos de tiempo, alcance, costo y calidad	Alta	Interno	Apoyo
Adriana Argumedo	Jefe de Compras	aargumedo@hotmail.com	Efectuar la gestión de compras de equipos y materiales para la ejecución del proyecto.	Cumplimiento de parámetros establecidos de tiempo, costo y calidad.	Alta	Interno	Apoyo
Pepito Pérez	Director de Obras	pperez@gmail.com	Ejecutar el proyecto cumpliendo con las especificaciones técnicas requeridas	Satisfacer el equipo de dirección del proyecto	Alta	Externo	Neutro
Comunidad (Trabajadores)	Ejecutor	-	Participar en la ejecución del proyecto	Mejorar la calidad de vida	Media	Externo	Apoyo / Opositor
Reficar S.A. - Ecopetrol S.A. (Terminal Néstor Pineda)	Usuarios Finales	www.ecopetrol.com.co	Entrega de especificaciones generales de la planta para permitir la definición del alcance del proyecto	Reducir el impacto ambiental negativo ocasionado por la generación de lodos aceitosos, reducir áreas destinadas a LAND FARMING, recuperar hidrocarburos de los lodos aceitosos	Alta	Externo	Neutro
Flottweg	Proveedor de equipos	www.flottweg.de	Suministrar los equipos requeridos para la ejecución del proyecto.	Satisfacer los requerimientos del equipo del proyecto y del cliente final.	Alta	Externo	Neutro
Ministerio de ambiente	Regulador ambiental	www.minambiente.gov.co		Verificar el nivel de reducción de impacto ambiental ofrecido por el proyecto	Media	Externo	Neutro/Opositor

Tabla 36. Registro de interesados

Fuente: Autores

Para el desarrollo de este proceso, se utilizarán como herramientas las entrevistas, los grupos de opinión y los Talleres Facilitados.

Como salidas del proceso se tendrán el Plan de Gestión de Requisitos y la Documentación de Requisitos, este último mostrado a continuación, en la Tabla 36

Tipos de Requisito	Descripción de requisitos
Necesidades comerciales u Oportunidad	<ul style="list-style-type: none"> • Se emprende el proyecto para satisfacer la demanda insatisfecha de los clientes potenciales para la recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos extraídos de los tanques de almacenamiento en Refinería de Cartagena y TNP. • Debe satisfacerse la necesidad de reducir el volumen de generación de lodos aceitosos. • El proyecto debe culminarse en un plazo no mayor a 300 días.
Requisitos funcionales	<ul style="list-style-type: none"> • La empresa que emprende el proyecto debe tener un sistema de gestión de Calidad establecido • El recurso humano de la empresa que emprende el proyecto debe tener competencias en Dirección de Proyectos, así como conocimientos sólidos en diseño y montaje de plantas industriales. • La planta debe ser totalmente móvil, teniendo la posibilidad de trasladarse a los recintos de los tanques de los cuales se vaya a extraer lodos. • La planta debe estar en capacidad de tratar 10 m3 de lodos al día y tener una capacidad ociosa del 30%.
Requisitos de Calidad	<ul style="list-style-type: none"> • La planta debe contar con un laboratorio para análisis de los elementos que entran y salen de la planta. • El BSW máximo del hidrocarburo recuperado debe ser del 2% (porcentaje de sedimentos en unidad de volumen). • La planta debe contar con generación propia de energía. • Los equipos de la planta deben ser fabricados por un proveedor especializado y certificado. • La planta debe cumplir con las exigencias de funcionamiento requeridas por el cliente, así como la normativa ambiental vigente.
Impactos sobre entidades fuera de la entidad ejecutante	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción en un 80% de los terrenos destinados a Land Farming para el tratamiento de lodos. • Recuperación de al menos el 70% del valor comercial de los hidrocarburos contenidos en los lods aceitosos
Supuestos	<ul style="list-style-type: none"> • Se cuenta con un contrato previamente firmado para el tratamiento de los lodos con la empresa Ecopetrol (Refinería de Cartagena y TNP) • La TRM se mantiene con la tendencia del último año Todos los diseños estarán listos al menos 1 mes antes del inicio de programado de las obras de montaje • La legislación ambiental actual vigente no será modificada como mínimo, hasta la puesta en

	<p>funcionamiento de la planta</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se tendrán todos los permisos y licencias de construcción al inicio de los trabajos • Las políticas de comercio internacional, no será modificada como mínimo hasta que se tengan los equipos en obra.
Restricciones	<ul style="list-style-type: none"> • La finalización de la construcción de la planta no puede exceder el año 2012 • El presupuesto del proyecto no debe exceder de \$ 750.000 USD. • La planta deberá poder operarse con 7 operadores y un laboratorista • El área de la planta no puede ser mayor a 500 mts² • Se trabajará solo de lunes a viernes como jornada laboral.

Tabla 36. Documentación de requisitos

Fuente: Autores

- **Definir el Alcance:** En este proceso se tomó como entradas el Project Charter y la documentación de Requisitos. Fueron empleadas las herramientas de Juicio de Expertos y Análisis de Producto. Como salida se tuvo el Enunciado del Alcance del Proyecto.
- **Crear la EDT:** Las entradas de este proceso fueron el Enunciado del Alcance del Proyecto y la Documentación de Requisitos. Como herramientas se utilizó la Descomposición y como salidas del proceso se tuvo la EDT, el Diccionario de la EDT y la Línea Base del Alcance.
- **Verificar el Alcance:** Para este proceso se tomará como entrada el Plan de Gestión del Proyecto y la documentación de requisitos y se utilizará la herramienta de Inspección para la obtener como salidas Entregables Aceptados o Solicitudes de Cambio.
- **Controlar el Alcance:** Como entradas se tomarán el Plan de Gestión del Proyecto, Información sobre el Desempeño del Trabajo y la Documentación de Requisitos. Se emplearán la herramienta de análisis de Variación y como salidas del proceso se pueden tener Mediciones del Desempeño del Trabajo, Solicitudes de Cambio y Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.

12.3.2 Plan de Gestión de Requisitos

Los requisitos del proyecto serán analizados, documentados y gestionados conforme a la siguiente metodología:

- Se tomará como entrada la documentación de requisitos.
- Se efectuará un monitoreo con una periodicidad quincenal de cada una de las actividades que inciden en el cumplimiento de los requisitos y se realizarán los informes respectivos.
- Se realizarán reuniones periódicas con los interesados del proyecto para analizar el seguimiento y control de los requisitos del proyecto y generar los controles de cambio a los mismos que lleguen a ser necesarios. Así mismo, en estas reuniones se revisarán las prioridades de los requisitos del proyecto.
- La autorización para generar cambios en los requisitos del proyecto solamente será otorgada por el Gerente del Proyecto.

12.3.3 Línea Base del Alcance

La línea base del alcance está compuesta por el Enunciado del alcance, la EDT (Estructura de Desglose de Trabajo) y el Diccionario de la EDT.

Para la elaboración del enunciado del alcance, se desarrolló la recopilación de requisitos, en donde se definió y documentó las necesidades de los interesados del proyecto con la finalidad de cumplir con los objetivos del mismo. Para esta recopilación, se tomó como entradas el Acta de Constitución del Proyecto (Project Charter) y el registro de Interesados.

Haciendo uso de esta documentación junto con el Project Charter y, a través de la herramienta Juicio de Expertos, se logró la elaboración del enunciado del alcance.

12.3.3.1. Enunciado del Alcance

Contiene la descripción de todos los entregables del proyecto y sus criterios de aceptación.

ENUNCIADO DEL ALCANCE

Nombre del Proyecto: Diseño, construcción y puesta en marcha de una planta móvil para recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos provenientes de tanques de almacenamiento de la Refinería de Cartagena y el Terminal Néstor Pineda (TNP)
Preparado por: Adriana Argumedo, Fabián Méndez y William Cruz
Fecha: 12 – Julio – 2011

Descripción del Proyecto	Diseño, construcción y puesta en marcha de una planta móvil (tratamiento in situ) para recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos provenientes de tanques de almacenamiento de la Refinería de Cartagena y el terminal Néstor Pineda (TNP)
Justificación del Proyecto:	Solución a la problemática ambiental que representa la disposición final de los lodos aceitosos generados en la Refinería de Cartagena y el terminal Néstor Pineda (TNP)
Objetivos del proyecto	
Costos	El proyecto debe realizarse dentro del presupuesto establecido: \$ 750.000 USD
Programación	La duración del proyecto no debe ser más de 300 días, es decir, iniciando el día en que se firme el acta de constitución del proyecto.
Medidas de calidad	Se debe garantizar que los diseños y los métodos y procedimientos de construcción, montaje, pruebas y puesta en operación deben cumplir con los estándares establecidos en el

proyecto:	<ul style="list-style-type: none"> - Adriana Argumedo Administrador - Pepito Pérez Director de Obras
Recursos:	Los recursos asignados al proyecto, además del equipo de dirección, estará conformado por todo el personal de diseño, montaje y pruebas, propio y contratista que participe en el desarrollo del proyecto
Supuestos, Restricciones, Riesgos:	<p>SUPUESTOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con un contrato previamente firmado para el tratamiento de los lodos con la empresa Ecopetrol (Refinería de Cartagena y TNP) - La TRM se mantiene con la tendencia del último año - La legislación ambiental actual vigente no será modificada como mínimo, hasta la puesta en funcionamiento de la planta - Las políticas de comercio internacional, no será modificada como mínimo hasta que se tengan los equipos en obra
	<p>RESTRICCIONES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - La finalización de la construcción de la planta no puede exceder el año 2012 - El área de la planta no puede ser mayor a 500 mts² - Se trabajará solo de lunes a Viernes como jornada laboral
	<p>Entre los principales riesgos identificados para el desarrollo del proyecto se encuentran:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Demora o negación de las licencias y permisos de construcción - No encontrar la financiación requerida para el desarrollo saludable del proyecto - Retrasos generales en la construcción de las facilidades de la planta - No consecución oportuna de los equipos necesarios para el montaje de la planta.

Firmas:	<p>Gerente del proyecto:</p> <p>FABIÁN MÉNDEZ</p>	<p>Iniciador y/o Patrocinador:</p> <p>WILLIAM CRUZ</p>
----------------	--	---

	Nombre:	Nombre:
--	---------	---------

12.3.3.2. EDT (Estructura de Desglose de Trabajo)

La EDT para este proyecto (Ver Figura 16), se definió a partir del enunciado del Alcance del proyecto y de la documentación de Requisitos, haciendo uso de la herramienta de descomposición. En esta se desglosa el alcance hasta un nivel de paquetes de trabajo que incluyen todas las actividades del proyecto.

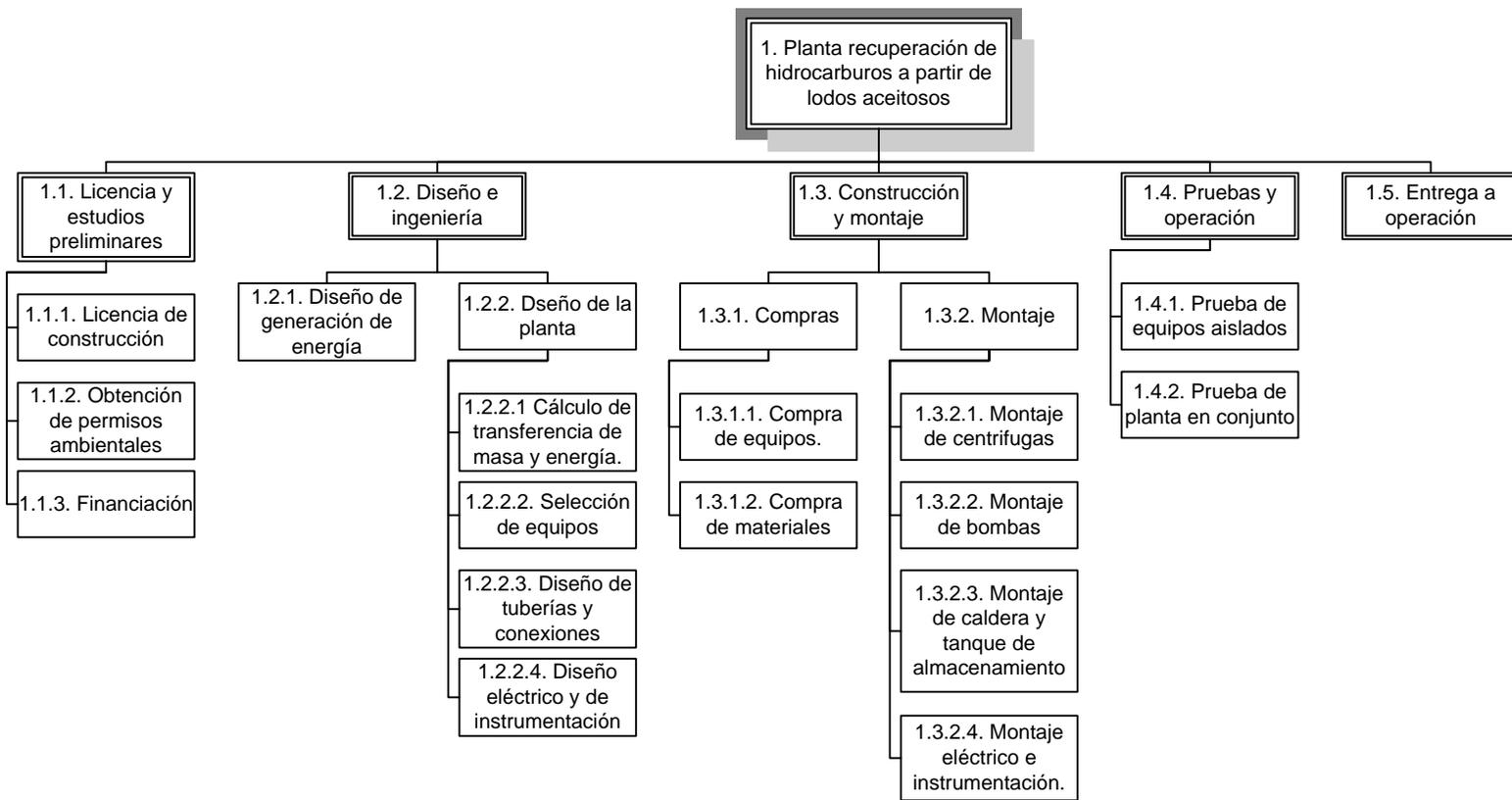


Figura 16. WBS del Proyecto

Fuente: Autores

12.3.3.3. Diccionario de la EDT

NOMBRE DEL PROYECTO: Diseño, construcción y puesta en marcha de una planta móvil para recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos provenientes de tanques de almacenamiento de la Refinería de Cartagena y el Terminal Néstor Pineda (TNP)

1.1	Licencia y estudios Preliminares
Descripción	Gestionar la emisión de las licencias y permisos requeridos para el inicio de la construcción de la planta objeto del Proyecto
Actividades	<ul style="list-style-type: none">- Licencia de Construcción- Obtención de permisos ambientales- Financiación
Duración	90 Días
Costos	\$ 16.000 USD
Responsable	Gerente de Proyecto

1.2	Diseño e ingeniería
Descripción	Desarrollo de todos los diseños requeridos para la construcción y funcionalidad de la planta
Actividades	<ul style="list-style-type: none">- Diseño de generación de energía- Diseño de la planta<ul style="list-style-type: none">○ Cálculo de transferencia de masa de energía○ Selección de equipos○ Diseño de tuberías y conexiones○ Diseño Electrónico y de instrumentación
Duración	40 Días
Costos	\$ 55.000 USD
Responsable	Director de obra

1.3	Construcción y montaje
Descripción	Realizar las compras de equipos y herramientas, e instalar los equipos e instrumentos que conforman la planta

Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Compras <ul style="list-style-type: none"> o Compra de equipos o Compra de herramientas - Montaje <ul style="list-style-type: none"> o Montaje de centrifugas o Montaje de bombas o Montaje de caldera y tanque de almacenamiento o Montaje eléctrico e instrumentación
Duración	159 Días
Costos	\$ 570.000 USD
Responsable	Director de Obras

1.4	Pruebas y operación
Descripción	Realizar todas las pruebas individuales a equipos y a los sistemas compuestas para garantizar la correcta operación de la planta
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> - Prueba de equipos aislados - Prueba de planta en conjunto
Duración	22 Días
Costos	\$ 32.000
Responsable	Director de Obras

1.5	Entrega a Operación
Descripción	Realizar la entrega formal a operaciones realizando capacitaciones al personal y registro de la entrega
Actividades	Entrega a operaciones
Duración	0 Días
Costos	-
Responsable	Director del Proyecto

Durante el desarrollo del proyecto, el alcance se verificará a partir de la línea base del alcance, la documentación de requisitos, una matriz de rastreabilidad de requisitos y de los entregables validados; todo esto por medio de la herramienta de Inspección. Los entregables que cumplan con los criterios de aceptación serán formalmente aceptados, es decir, firmados y aprobados por el cliente. Los entregables terminados que no cumplan con

estos criterios, serán debidamente documentados y se generará una solicitud de cambio para la corrección de los defectos que se hayan producido.

Para efectuar el Control del Alcance, se tomará como entrada la línea base del alcance, las solicitudes de cambio, la información sobre el avance del proyecto (entregables iniciados con sus respectivos avances y entregables terminados), la documentación de requisitos y una matriz de rastreabilidad de requisitos; y se hará uso de la herramienta de Análisis de Variación (la cual evaluará la magnitud de la variación con respecto a la línea base del alcance y sus respectivas causas, así como las acciones correctivas y preventivas). Este control de Alcance permitirá obtener:

- Mediciones del Desempeño del Trabajo
- Solicitudes de Cambio
- Actualizaciones a la línea base del Alcance, así como a otras líneas base
- Actualizaciones a la documentación de requisitos

12.4 GESTIÓN DEL TIEMPO

La Gestión del Tiempo del Proyecto permite administrar la finalización del proyecto a tiempo a través de los procesos respectivos.

12.4.1. Plan de Gestión del Cronograma

Conforme a lo señalado por el PMI, El plan de Gestión del Cronograma, es un esfuerzo de planificación necesario para llevar a cabo adecuadamente los procesos de la gestión del Tiempo del Proyecto. A continuación se relacionan cada uno de los procesos involucrados y la respectiva planeación para un desarrollo adecuado de los mismos:

- ***Definir las actividades:*** Las entradas de este proceso fueron la línea Base del Alcance y los Factores Ambientales de la Empresa. Como herramientas se utilizó la

Descomposición y como salidas del proceso se tendrán la Lista de Actividades, los atributos de la Actividad y la lista de Hitos.

- ***Secuenciar las Actividades:*** Para este proceso se tomó como entrada la Lista de Actividades y el Enunciado del Alcance del Proyecto; fueron utilizadas las herramientas de Método de Diagramación por Precedencia y Determinación de las Dependencias para obtener como salida el Diagrama de Red del Cronograma del Proyecto.
- ***Estimar los Recursos de las Actividades:*** A este proceso se ingresa la Lista de Actividades, los Atributos de la Actividad, el Calendario de Recursos y los Factores Ambientales de la empresa. Se emplean las técnicas de Juicio de Expertos y el Software de Gestión de Proyectos (Microsoft Project 2007). Como salidas de este proceso se tienen los Requisitos de Recursos de la Actividad.
- ***Estimar la Duración de las Actividades:*** Las entradas de este proceso fueron la Lista de Actividades, los atributos de la actividad, los requisitos de recursos de la actividad, el Calendario de Recursos, el Enunciado del alcance del Proyecto y los Factores Ambientales de la empresa. Fueron utilizadas las técnicas de Juicio de Expertos y Estimación por tres valores. La salida del proceso es los Estimados de la Duración de la Actividad.
- ***Desarrollar el Cronograma:*** Fueron entradas la Lista de Actividades, los Atributos de la actividad, el Calendario de Recursos, los Estimados de la Duración de la Actividad, el Enunciado del Alcance del Proyecto y los Factores ambientales de la Empresa. Fueron herramientas y técnicas para el desarrollo de este proceso, el Software para Gestión de Proyectos Microsoft Project, el Método de la Cadena Crítica y la Compresión del Cronograma. Se obtuvieron como salidas El Cronograma del Proyecto y la Línea Base del Cronograma.

- **Controlar el Cronograma:** Este proceso tendrá como entrada el Plan para la Dirección del Proyecto, El cronograma del Proyecto y la Información sobre el Desempeño del Trabajo. Las herramientas y técnicas a utilizar serán el Software de Gestión de Proyectos y Compresión del Cronograma. Las salidas de este proceso serán las Mediciones del Desempeño del Trabajo, las Solicitudes de Cambio y las Actualizaciones al Plan para la Dirección del Proyecto.

12.4.2. Estimado de tiempo del proyecto

El estimado de tiempo fue elaborado con base en la herramienta juicio de expertos e implementando la técnica de estimación por tres valores.

En la Tabla 39 se muestra el cálculo de los tiempos optimista, más probable y pesimista del proyecto.

ACTIVIDAD	TIEMPO OPTIMISTA (Días)	TIEMPO MAS PROBABLE (Días)	TIEMPO PESIMISTA (Días)	TIEMPO MEDIO (D) 50% PROB.	σ	$\sigma^2 =$ Varianza	$\pm 1 \sigma$ 84.13% (D)	$\pm 2 \sigma$ 97.73% (D)	$\pm 3 \sigma$ 99.87% (D)
Inicio Proyecto		0		$O+4M+P / 6$	$P - O / 6$				
Licencias y estudios preliminares	75	90	110	91	5,8	34	97	103	108
Diseño e ingeniería	30	40	50	40	3,3	11	43	47	50
Construcción y montaje	120	159	180	156	10,0	100	166	176	186
Pruebas y operación	15	22	40	24	4,2	17	28	32	36
Fin Proyecto		0							
Totales	240	311	380			$\sigma^2 = \text{Var.}$ 163			

optimista mas probable pesimista

50% de probabilidad

$\sigma = \sqrt{\text{Vari.}}$

probabilidad: 84.13% 97.73% 99.87%

Dif. P-M:

* Estimación de 3 puntos (desviación Beta)

Tabla 39. Estimado del tiempo del proyecto
Fuente: Autores

Con estas herramientas se puede determinar el tiempo del proyecto en 349 días, con una probabilidad de ocurrencia del 99,87%.

12.4.3 Línea Base del Cronograma

Para la determinación de la línea base del tiempo o del cronograma, se tomó como entrada los estimados de la Duración de la Actividad y el Enunciado del Alcance del Proyecto y se utilizó como herramientas , el Software para Gestión de Proyectos Microsoft Project, el Método de la Cadena Crítica y la Compresión del Cronograma.

Con el fin de realizar seguimiento y cumplimiento de los tiempos de ejecución del proyecto, se elabora un plan detallado de trabajo (PDT) –ver Figura 17- a través del Software Microsoft Project 2007, secuenciando las diferentes actividades del proyecto y asignando un tiempo estimado de duración conforme al método de los tres valores de la siguiente manera:

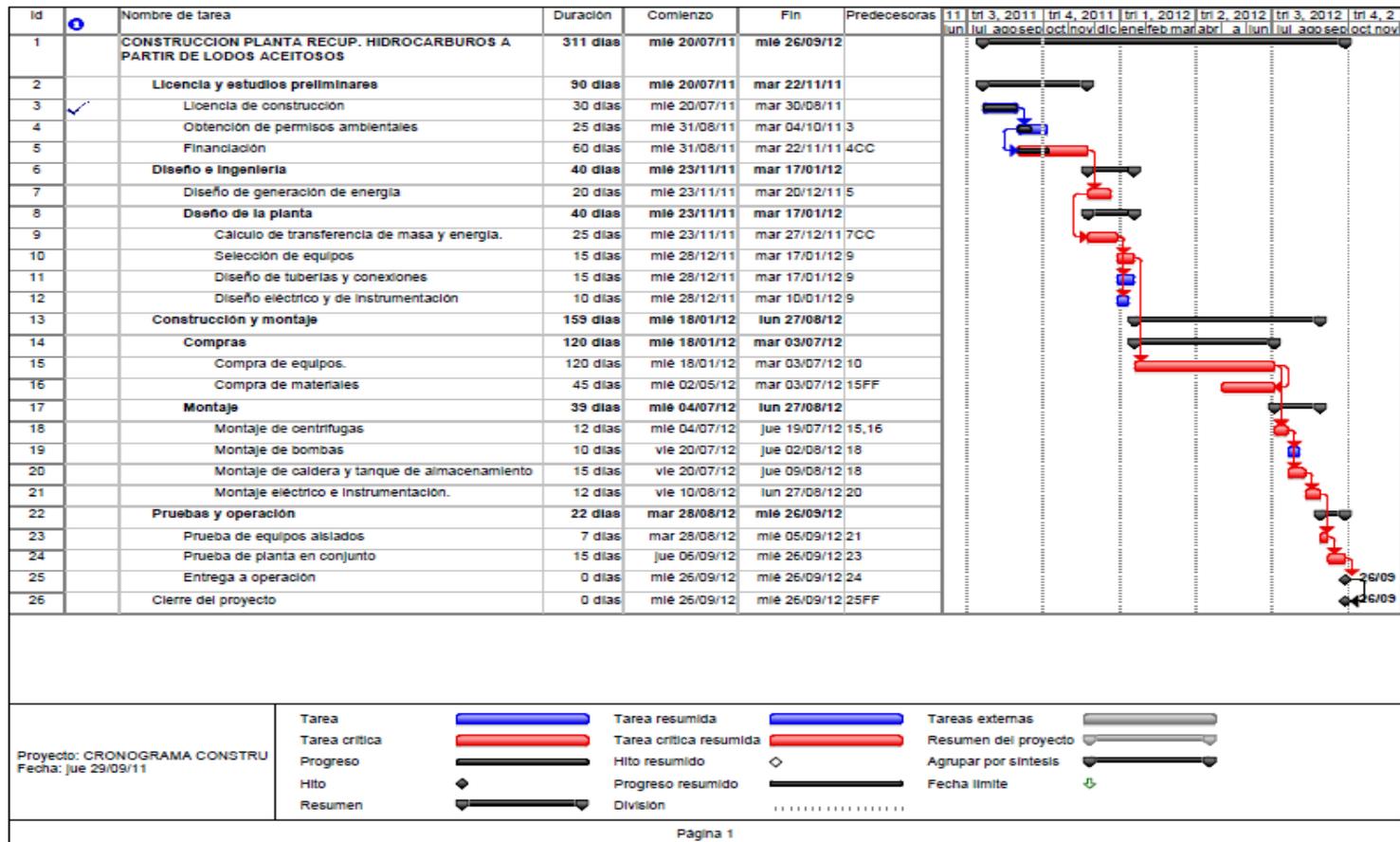


Figura 17. Línea Base del Cronograma
Fuente: Autores

A partir de la línea base del Cronograma, puede generarse un gráfico que ilustre el plan de ejecución del proyecto: Curva S del tiempo (Ver Figura 18). Con esta herramienta, se puede llevar gráficamente un control del avance del proyecto en el tiempo y, en cualquier momento, se puede evaluar realizando una comparación de los avances reales, contra esta curva base.

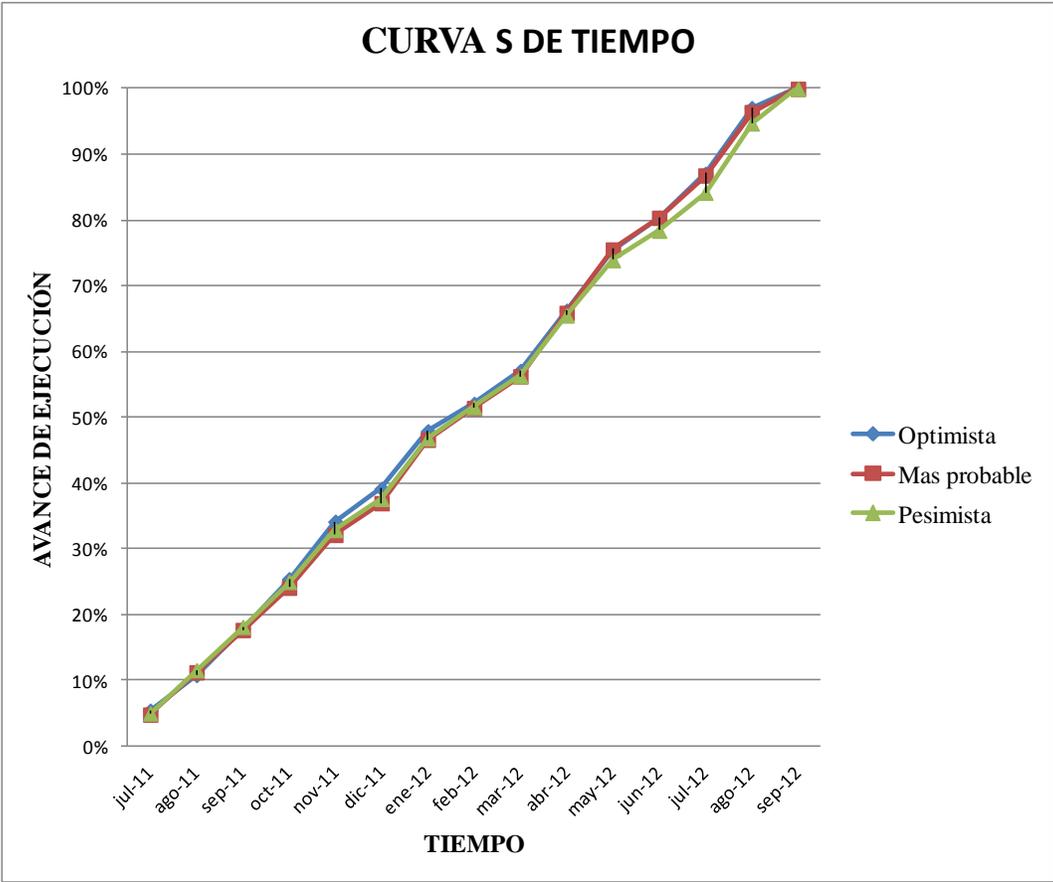


Figura 18. Curva S del tiempo del proyecto

Fuente: Autores

Para realizar el control del cronograma, se tomará como entrada el Cronograma del Proyecto y la información sobre el avance del proyecto (entregables iniciados con sus respectivos avances y entregables terminados); y se implementarán herramientas tales como el Software de Gestión de Proyectos Microsoft Project, y la comprensión del cronograma. De este control, se podrán obtener salidas tales como:

- Mediciones del desempeño del trabajo
- Solicitudes de Cambio
- Actualizaciones al plan de gestión del proyecto.

12.5. GESTIÓN DE LOS COSTOS

En los procesos de la gestión de costos se estima, presupuesta y controlan los costos del proyecto, teniendo en cuenta esto, se desarrolla el plan de gestión de costos para el proyecto así:

12.5.1 Plan de gestión de costos

En este plan de gestión de costos están especificados los procesos involucrados en la estimación de los costos, la determinación del presupuesto y el control de los costos, junto con las entradas requeridas y las herramientas implementadas para obtener las salidas en cada proceso.

12.5.1.1 Estimación de los costos

Para estimar de los costos del proyecto fueron definidas como entradas; la línea base del alcance, el cronograma del proyecto, el plan de recursos humanos y los factores ambientales. Con esta información e implementando la herramienta de juicio de expertos, fueron determinados los costos más probables de cada paquete de trabajo (Ver Tabla 40). Otras técnicas complementarias implementadas para determinar el costo de cada paquete de trabajo fueron las de: la estimación por tres valores y análisis de reservas.

En la Tabla 40 se pueden observar los valores correspondientes a cada paquete de trabajo y los valores estimados con la herramienta estimación por tres valores. Adicionalmente se implementó una herramienta muy conocida en el mundo de los proyecto llamada

“MÉTODO PERT”, con la cual fueron determinados los valores para cada paquete con tres diferentes exactitudes correspondientes a tres desviaciones estándar (Ver Tabla 40).

ACTIVIDAD	COSTO OPTIMISTA (MILES USD)	COSTO MAS PROBABLE (MILES USD)	COSTO PESIMISTA (MILES USD)	COSTO MEDIO (D) 50% PROB.	σ	$\sigma^2 =$ Varianza	$\pm 1 \sigma$ 84.13% (D)	$\pm 2 \sigma$ 97.73% (D)	$\pm 3 \sigma$ 99.87% (D)
Inicio Proyecto		0		$O+4M+P / 6$	$P - O / 6$				
Licencias y estudios preliminares	12	16	20	16	1,3	2	17	19	20
Diseño e ingeniería	50	55	60	55	1,7	3	57	58	60
Construcción y montaje	480	570	630	565	25,0	625	590	615	640
Pruebas y operación	20	32	45	32	4,2	17	36	41	45
Fin Proyecto		0							
Totales	562	673	755		$\sigma^2 =$ Var.	647			

optimista mas probable pesimista
 50% de probabilidad **668** $\sigma = \sqrt{\text{Vari:}}$ **25** **694** **719** **744**
 probabilidad: 84.13% 97.73% 99.87%
 Dif. P-M: **87**

USD744.000

Tabla 40. Determinación de costos y presupuesto por la técnica de los 3 puntos y el método PERT
Fuente: Autores

Por último, en la Tabla 41 se implementa la técnica del análisis de reservas.

ACTIVIDAD	VALOR (M\$ USD)	% CONTINGENCIA	% ESCALACION	% CONT + % ESCAL	(\$) CONTINGENCIA +ESCALACION	VALOR TOTAL (\$)
Inicio Proyecto	\$ 0				\$ -	\$ 0
Licencias y estudios preliminar	\$ 16	5%	4%	9%	\$ 1	\$ 17
Diseño e ingeniería	\$ 55	12%	4%	16%	\$ 9	\$ 64
Construcción y montaje	\$ 570	35%	4%	39%	\$ 222	\$ 792
Pruebas y operación	\$ 32	30%	4%	34%	\$ 11	\$ 43
Fin Proyecto					\$ -	\$ 0
Total Presupuesto sin Contingencias:	\$ 673	Valor Contingencias:			\$ 243,42	\$ 916,42
Total Presupuesto con Contingencias:	\$ 916					

PREMISA:	La Reserva de Gestión definida por el Gerente del Proyecto será del 30% de la Reserva de Contingencia:
RESERVA GESTION:	\$73
RESERVA DE CONTINGENCIA:	\$916

Tabla 41. Determinación de costos y presupuesto por análisis de reservas
Fuente: Autores

Finalmente luego de evaluar los resultados de las diferentes técnicas implementadas, se opto por trabajar con los resultados obtenidos mediante la técnica del análisis de contingencia.

12.5.1.2 Determinación del presupuesto

Para determinar el presupuesto de proyecto, fueron tomados como entrada los costos estimados para cada paquete de trabajo, y se implementó la técnica de la suma de costos individuales, teniendo en cuenta los rubros destinados para contingencias y la reserva de gestión indicados en la Tabla 41.

Con estas herramientas se determinó un presupuesto de US916.000 con contingencias y una se determina una reserva de gestión de US73.000. Con base en esto se determinó la línea base del desempeño de costos (Ver figura 19).

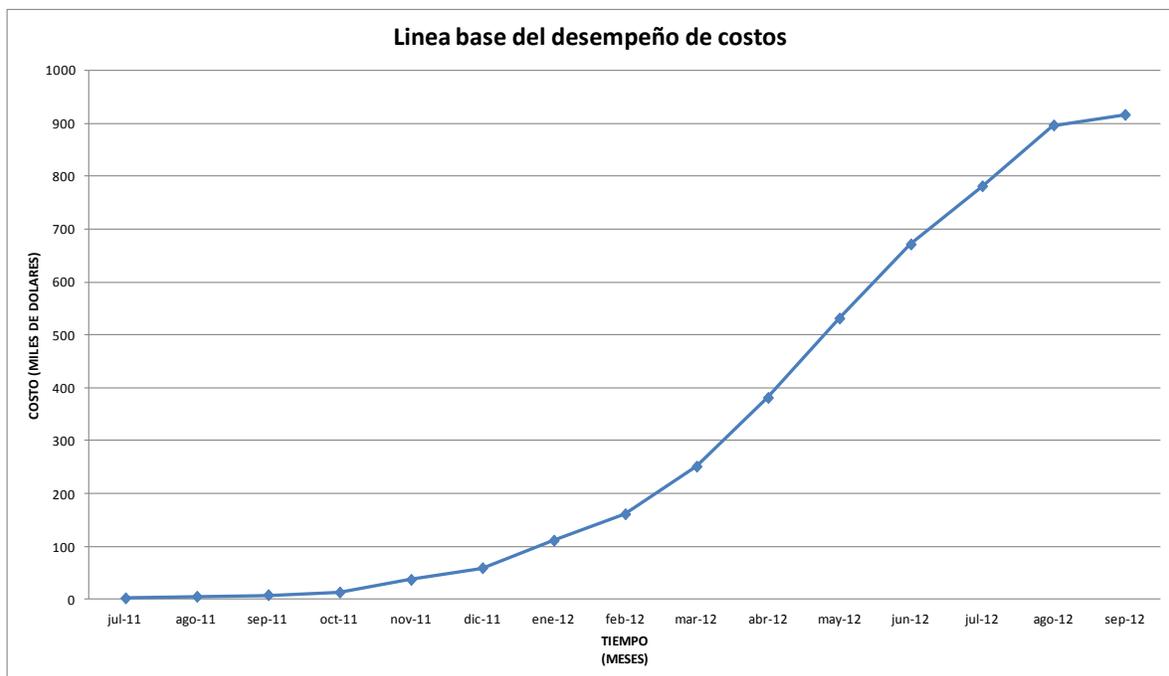


Figura 19. Línea base del desempeño de costos del proyecto
Fuente: Autores

12.5.1.3 Control de los costos

Una vez se tiene el plan para la dirección del proyecto, para realizar el control o monitoreo del presupuesto y medir el desempeño o variación del costo, se implementará el método del valor ganado (EVM). El cual consiste en restar al valor ganado los costos reales (Ver figura 20), este control se realizará mensualmente y de forma acumulativa.

Una vez determinados los valores de la variación del costo, estos serán convertidos en un indicador de desempeño del costo (CPI). Donde este índice es una medida del valor del trabajo completado, en comparación con el costo o avances reales del proyecto, donde un valor por debajo de 1, indica un sobre costo con respecto al trabajo completado y por encima de 1, indica un costo menor al desempeño a la fecha. Este indicador será evaluado mensualmente y de forma acumulativa.

12.6. GESTIÓN DE LA CALIDAD

La dirección de calidad debe asumir el compromiso de participar de manera activa en mantener un sistema de gestión de calidad para lograr la satisfacción del cliente mejorando continuamente los procesos, involucrando a todo el personal y las recomendaciones y sugerencia del cliente.

12.6.1. Plan de calidad del proyecto

Para la elaboración del plan de calidad presentado a continuación, se tomaron como entradas las líneas base del alcance, tiempo y costo del proyecto, junto con el registro de riesgos y los factores ambientales de la empresa. Implementando las herramientas y/o técnicas del análisis costo beneficio y diagramas de flujo.

12.6.1.1 Descripción del proyecto

Diseñar y construir y poner en marcha una planta móvil para la recuperación de hidrocarburos a partir de lodos aceitosos provenientes de tanques de almacenamiento de la industria del sector de Mamonal, como alternativa para el tratamiento de lodos generados y la reducción del impacto ambiental de estos residuos.

12.6.1.2. Normas y estándares aplicables

1	CIVILES	
1,3	NTC 174	Concreto. Especificaciones de los agregados para concreto
1,4	NTC 321	Cemento Pórtland. Especificaciones Químicas
2	ELECTRICAS	
2,1	NTC 2050	Código Eléctrico Nacional
2,2	RETIE	Reglamento técnico de instalaciones eléctricas
2,3	RETILAP	Reglamento técnico de iluminación y alumbrado publico
3	TUBERÍA	
	ASME B 31.3	Construcción y montaje de tubería en Refinerías y plantas petroquímicas

Tabla 42. Normas y estándares aplicables al Proyecto

Fuente: Autores

12.6.1.3. Organigrama

El organigrama de la gestión de la calidad del proyecto, se muestra en la figura 20.

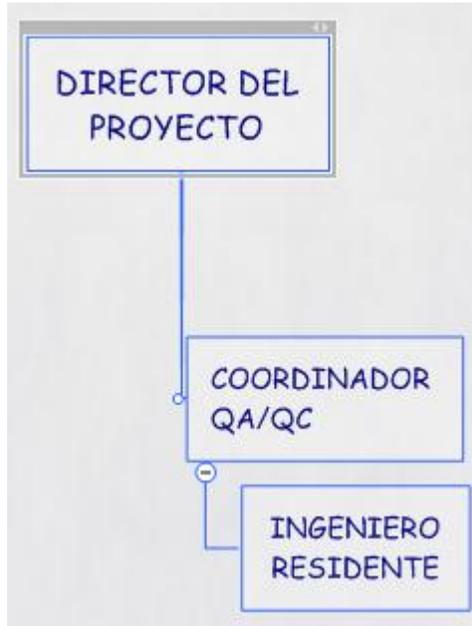


Figura 20. Organigrama para gestión de calidad del proyecto

Fuente: Autores

12.6.1.4. Matriz de roles y responsabilidades

CARGO	RESPONSABILIDADES
-------	-------------------

Director de Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Responsable de la planeación, ejecución, control y cierre del proyecto • Garantizar los recursos necesario para la implementación del plan de calidad del proyecto
Coordinador QA/QC	<ul style="list-style-type: none"> • Asegura la disponibilidad de los recursos para ejecutar con calidad cada una de las fases del proyecto. • Seguimiento y control del cumplimiento de que las actividades subcontratadas por la empresa sean realizadas cumpliendo los estándares y especificaciones acordadas. • Tramitar las licencias y permisos concernientes al proyecto. • Seguimiento al plan de calidad de las actividades. • Presentar informes sobre el estado y avance de la implementación del plan de calidad del proyecto • Verificar que los procedimientos de trabajo sean implementados en la ejecución de las obras • Garantizar la revisión y validación para que los diseños se realicen siguiendo los estándares y especificaciones establecidas en los criterios y bases de diseño del proyecto. • Verificar que el cronograma, alcance y el costo se ajusto a los requerimientos del cliente y a las especificaciones técnicas requeridas.

Tabla 43. Matriz de roles y responsabilidades de la calidad

Fuente: Autores

12.6.1.5. Listado de procedimientos

ETAPAS	PROCEDIMIENTOS
Solicitud de Licencias	Procedimiento para obtención de licencia ambiental

ambientales y permisos	Procedimiento para la obtención de permisos de Construcción
Licencia de construcción	Procedimiento para obtención de licencias de construcción
Diseño	Procedimiento de diseño Mecánico (Tubería y selección de equipos) Procedimiento de diseños Eléctricos y de instrumentación. Procedimiento de diseños de transferencia de masa y energía. Procedimiento de diseños Civiles
Construcción y montaje	Procedimientos para montaje de Centrifugas (Tricanter y Discos) Procedimiento para el montaje de bombas. Procedimiento de preparación de superficie y aplicación de pintura Procedimiento de montaje eléctrico e instrumentación Procedimiento para la construcción de estructuras y soportes
Compra de equipos y materiales	Procedimiento de compras de bienes y servicios Procedimiento de selección y contratación de personal. Procedimiento de gestión a proveedores Procedimiento de recibo de materiales y equipos Procedimiento para almacenamiento y catalogación de materiales y equipos recibidos
Pruebas de equipos	Protocolos de pruebas de equipos Protocolo de pruebas de planta
Puesta en marcha	Procedimiento para arranque y parada de planta Procedimiento para el mantenimiento de la planta

	Procedimiento para liquidación de contratos
	Procedimiento para el cierre del proyecto

Tabla 44. Listado de procedimientos

Fuente: Autores

12.6.1.6. Listas de chequeo

Para garantizar la satisfacción del cliente, es necesario asegurar la calidad de los entregables e identificar los aspectos más relevantes del proyecto. Para esto se estableció una herramienta para asegurar que se cumpla con lo acordado, esta herramienta es la lista de verificación (ver tablas 45 a 48)

Clave	Concepto	Cumple requisitos establecidos	Fecha de revisión	Observaciones	Firma
1	Ingeniería Básica				
1.1	Apego a los criterios de aceptación				
1.2	Revisión del estudio de pre-factibilidad				
1.3	Análisis global del diseño				
2	Ingeniería De Detalle o final				
2.1	Contratista reconocido y con experiencia				
2.2	Apego al presupuesto y a los criterios de aceptación				
2.3	Monitoreo del trabajo				

Tabla 45. Listado de verificación de la calidad de los diseños de ingeniería del proyecto.

Fuente: Autores

Clave	Concepto	Cumple requisitos establecidos	Fecha de revisión	Observaciones	Firma
1	Diseños				
1.1	Diseños en el tiempo planeado				
1.2	Apego al presupuesto				
1.3	Especificaciones detalladas				
2	Planeación				
2.1	Planeación detallada				
2.2	Órdenes de compra a tiempo				
3	Presupuesto				
3.1	Estimación confiable de costos				
3.2	Cotizaciones actualizadas				

Tabla 46. Listado de verificación de la calidad de las compras en el proyecto.

Fuente: Autores

Clave	Concepto	Cumple requisitos establecidos	Fecha de revisión	Observaciones	Firma
1	Diseño				
1.1	En el tiempo planeado				
1.2	Apego al presupuesto				
1.3	Especificaciones detalladas de las obras físicas				
2	Contratista				
2.1	Apego a los diseños de Ingeniería de detalle				
2.2	Contratista reconocido y con experiencia				
3	Compras				
3.1	Materiales a tiempo				
3.2	Materiales con la calidad requerida				

Tabla 47. Listado de verificación de la calidad de las adecuaciones físicas del proyecto.

Fuente: Autores

Clave	Concepto	Cumple requisitos establecidos	Fecha de revisión	Observaciones	Firma
1	Documentación				
1.1	Procedimientos Definidos				
1.2	Descripción del proceso				
1.3	Realizar actas de cada prueba				
2	Recurso Humano				
2.1	Personal Capacitado y motivado				
2.2	Contratación oportuna				
3	Equipos				
3.1	Equipos instalados oportunamente				
3.2	Apego a las especificaciones técnicas				

Tabla 48. Listado de verificación de la calidad de las pruebas y puesta en marcha del proyecto

Fuente: Autores

12.6.2. Aseguramiento de la calidad del proyecto

Para realizar el aseguramiento de calidad del proyecto, se tomará como entrada el plan para la dirección del proyecto y las métricas de calidad, y se implementaran herramientas como las auditorías de calidad y el análisis de los diferentes procesos para con esto obtener las solicitudes de cambios y actualizar el plan para la dirección del proyecto.

12.6.3. Control de la calidad del proyecto

Para realizar el control de calidad del proyecto se tomará como entrada el plan para la dirección del proyecto, métricas de calidad, las solicitudes de cambios aprobadas y los entregables determinados en el plan de gestión del alcance del proyecto, utilizando las técnicas de diagramas de causa y efecto, inspección, listas de verificación de la calidad y la revisión de las solicitudes de cambios aprobadas. Se podrán realizar las mediciones de control de calidad, se tendrán cambios y entregables validos, además de las posibles actualizaciones del plan para la dirección del proyecto.

12.6.4. Plan de mejoras del proceso

Para realizar el análisis de los procesos que facilitarán la identificación de actividades que tomen relevancia, se implementará la herramienta del ciclo de mejora continua PHVA, tal como se muestra en la Figura 21



Figura 21. Ciclo PHVA

Fuente: Autores

En este se deben tener en cuenta los límites de cada uno de los procesos, su configuración y métricas.

12.7. PLAN DE RECURSOS HUMANOS

Para crear el plan de recursos humanos, se tomaron como **entradas** los *Requisitos de recursos de las actividades*, con el fin de determinar las necesidades de recursos humanos del proyecto. Además, es utilizado el Código Sustantivo del Trabajo en cuanto al aspecto legal para la *administración del personal*.

Como **herramientas** para desarrollar el Plan de Recursos Humanos, fue realizado un *Organigrama* y un *Diagrama matricial de asignación de responsabilidades*, lo que servirá de base para el momento de la adquisición y el desarrollo del equipo del proyecto. Además, fue elaborado en Excel un *Calendario de Recursos* para distribuir los mismos, de acuerdo con las actividades a realizar.

12.7.1. Organigrama

El diagrama organizacional muestra la jerarquía y líneas de dependencia en el proyecto, y puede ser apreciado en la Figura 22:

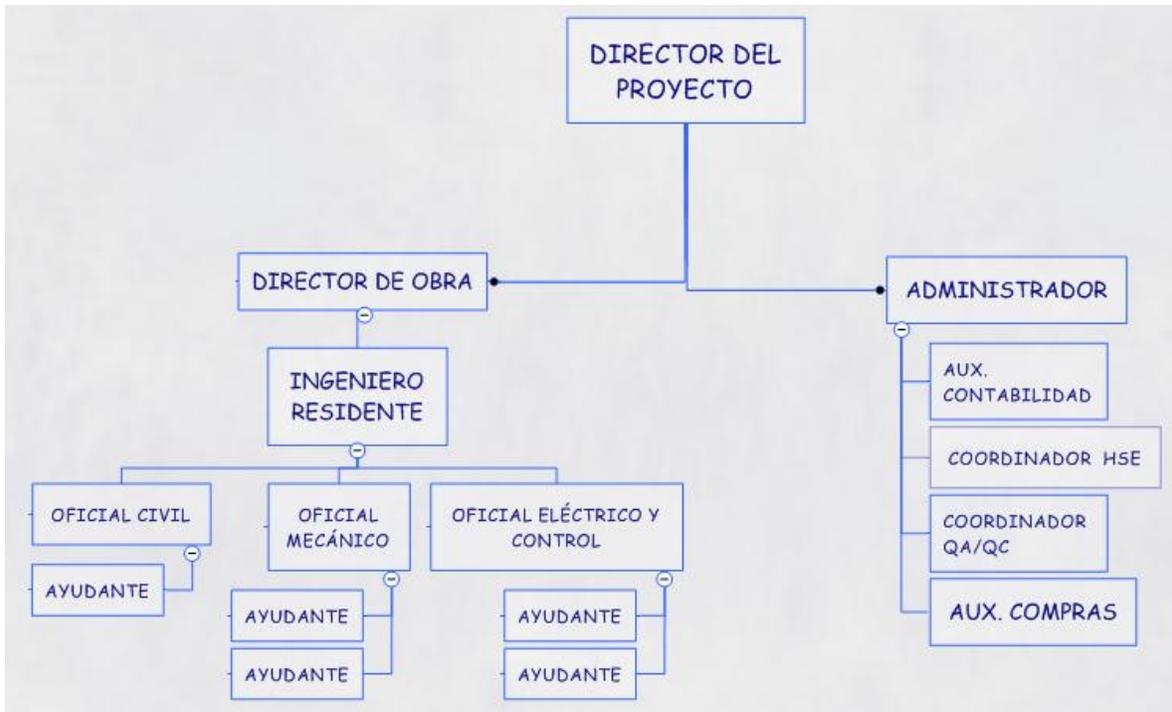


Figura 22. Organigrama del proyecto

Fuente: Autores

12.7.2. Roles y responsabilidades

Los cargos y responsabilidades se muestran en la Tabla 49.

CARGO	RESPONSABILIDADES
Director de Proyecto	Responsable de la planeación, ejecución, control y cierre del proyecto. Coordinar las interacciones con el cliente. Asignar los recursos y mantener al equipo del proyecto enfocado en los objetivos. Establecer un conjunto de prácticas que aseguran la integridad y calidad del proyecto.
Director de obra	Responsable del montaje y construcción de la planta
Administrador	Responsable de los procesos de compras, calidad, seguridad y salud ocupacional, contabilidad y servicios generales.

Coordinador QA/QC	Preparar, mantener y hacer seguimiento al plan de calidad, teniendo control del cumplimiento de que las actividades subcontratadas por la empresa sean realizadas cumpliendo los estándares y especificaciones acordadas. Presentar informes periódicos del plan de calidad.
Ingeniero Residente	Ejecutar las actividades de montaje y construcción de la planta. Coordinar las actividades de los oficiales y ayudantes.
Oficial civil	Montaje civil (obras civiles de la planta)
Oficial mecánico	Montaje mecánico
Oficial eléctrico y de control	Montaje de instalaciones eléctricas, instrumentación y control
Auxiliar de compras	Ejecutar las compras en general para todas las áreas y fases del proyecto
Auxiliar de contabilidad	Llevar a cabo procesos contables del proyecto
Coordinador HSE	Implementar el programa de SYSO, atender las urgencias, desarrollar planes de evacuación y contingencia,
Ayudantes	Apoyar a los oficiales con el montaje de la planta

Tabla 49. Roles y funciones del proyecto

Fuente: Autores

12.7.3. Plan para la Dirección de Personal

- *Adquisición de personal:* Los recursos para este proyecto, provendrán de fuentes externas contratadas. Se colocarán avisos clasificados por medio de las páginas de captación de personal. El Gerente de Proyectos, el Director de Obras y el Administrador, podrán trabajar desde ubicaciones distantes, con equipos de comunicación (laptop, Smartphone) para mediar su disponibilidad. El resto del equipo, deberá trabajar en el sitio de construcción de la planta.
- *Calendario de recursos:* Se muestra en la Tabla 50

RECURSOS POR GRUPOS DE ACTIVIDADES	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9
Licencias y estudios preliminares	■								
Gerente de Proyecto / Administrador / Coordinador QAQC	■								
Diseño e ingeniería	■								
Gerente de Proyecto / Administrador / Director de Obras / Contratista de diseño	■								
Construcción y montaje		■	■	■	■	■	■		
Gerente del Proyecto / Director de Obras / Ingeniero Residente / Oficial civil / Oficial eléctrico / Oficial mecánico / Ayudantes / Administrador / Auxiliar de compras / Coordinador QAQC / Coordinador HSE		■	■	■	■	■	■		
Pruebas y operación								■	
Gerente del Proyecto / Director de Obras / Ingeniero Residente / Coordinador QAQC / Coordinador HSE								■	
Capitalización y cierre									■
Gerente del Proyecto / Administrador / Auxiliar de Contabilidad									■

Tabla 50. Calendario de recursos

Fuente: Autores

Durante la ejecución del proyecto, serán llevadas a cabo *Evaluaciones de desempeño* de manera mensual y, en caso de existir problemas con alguno de los miembros del equipo del proyecto, se optará siempre por la gestión de conflictos mediante *Observación y conversación* y diversas *habilidades interpersonales*.

12.8. PLAN DE GESTIÓN DE LAS COMUNICACIONES

Como **entrada** del Plan de gestión de las comunicaciones, se encuentra el *Registro de Interesados*, lo cual se obtuvo del Kick-off meeting.

Se utilizaron las siguientes **herramientas y técnicas** de planificación de las comunicaciones: *análisis de requisitos de comunicaciones* y *tecnología de las comunicaciones* (informes escritos en documentos físicos y e-mails)

A continuación, en la Tabla 51, se muestra el Plan de Gestión de las Comunicaciones, a manera de una *Matriz de Comunicaciones*, donde se plasman los principales informes del proyecto junto con el responsable de generar la información y el medio en que será transmitida a los interesados. Los informes contenidos en esta matriz deben ser comunicados vía e-mail o en físico y en idioma español.

MATRIZ DE LAS COMUNICACIONES		ESTATUS SEMANAL (Por Director de Obras)	REPORTE MENSUAL (Por Director de Obras)	ÓRDENES DE CAMBIO (Por Director de Obras)	REQUISICIONES DE PAGO (Por Administrador)	CONTROL PRESUPUESTAL (Por Administrador)	ESTATUS DE COMPRA (Por Administrador)	EVALUACIÓN DE PROVEEDORES (Por Administrador)	PLAN DEL PROYECTO (Por Director de Obras)
		PERIODICIDAD							
STAKEHOLDER	NOMBRE	SEM	MEN	SEM	QUIN	MEN	MEN	OTRO	MEN
Sponsor	William Cruz	@							
Gerente de Proyecto	Fabián Méndez	@					@	@	
Administrador	Adriana Argumedo	@	@				@	@	
Director de Obras	Pepito Pérez	@	@						
Ejecutor	Comunidad (Trabajadores)								
Usuarios Finales	Reficar S.A. - Ecopetrol S.A. (Terminal Néstor Pineda)	@							
Proveedor de equipos	Flottweg				@				
Regulador ambiental	Ministerio de ambiente								

NOMENCLATURA	SEM:	Informe semanal
	MEN:	Informe mensual
	QUIN:	Informe quincenal
	@	Informe por correo electrónico
		Informe físico

Tabla 51. Matriz de comunicaciones del proyecto

Fuente: Autores

Será llevado un control exhaustivo de esta matriz de comunicaciones, registrando en un check list el cumplimiento de cada informe (por el Gerente del Proyecto). En caso de que no se cumpla con alguno de los informes, se dará al responsable una prórroga de 2 días para hacer la entrega del mismo.

12.9. PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS

Como **entradas** a la elaboración del Plan de Gestión de Riesgos del proyecto, se tomaron: el *Enunciado del alcance del proyecto*, el Plan de gestión de costos, el *Plan de gestión del cronograma* y el *Plan de gestión de las comunicaciones*, todos descritos en puntos anteriores.

Para llegar a consolidar el Plan de Gestión de Riesgos, fueron realizadas *Reuniones de planificación y análisis*, como **herramienta**, por parte del Gerente del Proyecto, el Director de Obras y el Administrador.

En el plan de Gestión de Riesgos del proyecto, fueron definidos los siguientes puntos:

12.9.1. Roles y responsabilidades

Son descritos en la siguiente matriz de gerenciamiento del riesgo (Tabla 52):

Procesos	Roles			
	SPONSOR	GERENTE DEL PROYECTO	DIRECTOR DE OBRAS	EJECUTOR
Planeación Gerenciamiento del riesgo	S	R, S	S	S
Identificación del riesgo	I	A, R	S	S
Análisis Cualitativo	I	A, R	S	S
Análisis Cuantitativo	I	A, R	S	S

Plan de Respuesta	S	S, R, A	S	I
Monitoreo y control	I	R, A	R, S	R

R	Responsable
S	Soporta
I	Es informado
A	Aprueba

Tabla 52 . Matriz de roles y responsabilidades en la gestión de riesgos del proyecto

Fuente: Autores

12.9.2. Definiciones de la probabilidad e impacto de los riesgos

Se definieron las siguientes escalas para la posterior evaluación de los riesgos del proyecto, de acuerdo con su probabilidad de ocurrencia y su impacto en el proyecto.

IMPACTO	MUY BAJO	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO
PROBABILIDAD	5%	10%	20%	40%	80%
90%	0,045	0,090	0,180	0,360	0,720
70%	0,035	0,070	0,140	0,280	0,560
50%	0,025	0,050	0,100	0,200	0,400
25%	0,013	0,025	0,050	0,100	0,200
10%	0,005	0,010	0,020	0,040	0,080

Tolerable	
Intolerable	
Leve	

Tabla 53 Marcadores de riesgos

Fuente: Autores

12.9.3. Matriz de probabilidad e impacto

Se realiza un análisis de riesgos para el proyecto, los cuales fueron valorados usando la matriz (Ver Tabla Marcadores de riesgos). A cada riesgo se le asigna una calificación de acuerdo a su impacto y su probabilidad de ocurrencia.

Los riesgos que obtengan una calificación alta o media son minimizados aplicando medidas de control y el riesgo residual es nuevamente evaluado.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN DEL RIESGO	PROBABILIDAD		IMPACTO	
Externo	Incremento y/o aumento de la TRM para compra de maquinaria, equipos y repuestos	Muy probable	90%	Muy alto	80%
Recursos humanos	No se cuenta con la cantidad necesaria de personal, entonces el cronograma se verá afectado.	Muy probable	90%	Muy alto	80%
Recursos humanos	No se cuenta con el personal adecuado técnicamente para el montaje de la planta	Muy probable	90%	Muy alto	80%
Planificación	Si el equipo de trabajo no cuenta con el tiempo suficiente para planificar las actividades, se puede incurrir en tiempos muertos por reproceso o errores, entonces el proyecto no se puede entregar a tiempo y se afecta el cronograma	Muy poco probable	10%	Muy alto	80%
Planificación	Que no se puedan obtener fácilmente las herramientas adecuadas para el montaje	Muy poco probable	10%	Muy alto	80%

Tabla 54. Matriz de probabilidad e impacto del proyecto

Fuente: Autores

12.10. PLAN DE GESTIÓN DE LAS ADQUISICIONES

Las **entradas** al plan de gestión de las adquisiciones, fueron: la *Línea base del alcance*, la *Documentación de requisitos*, el *Cronograma* del proyecto y la *Línea base del desempeño de costos*.

Para la elaboración del plan de gestión de esta área de conocimiento, se utilizaron **herramientas** como: *Análisis de hacer o comprar*, *Juicio de expertos* y selección de los *tipos de contratos*.

El Plan de gestión de las adquisiciones se ha esquematizado en la siguiente **matriz de contratación**, que constituye la guía de referencia en lo relacionado con la administración de los contratos de personal externo al equipo del proyecto.

ENTREGABLES	PAQUETES DE CONTRATACIÓN		
	Gerencia Proyecto	Diseños	Montaje
Licencias y Estudios Previos a la construcción			
Licencia ambiental	X		
Diseños			
Diseño Estructural		X	
Diseño Mecánico		X	
Diseño sistema Eléctrico		X	
Diseño sistema de control		X	
Construcción y montaje			
Construcción civil			X
Montaje mecánico			
Montaje eléctrico			
Pruebas y puesta en marcha			
Prueba de Equipos			
Pruebas del sistemas			
Entrega a Operación			
Capitalización y cierre			

ESQUEMAS DE CONTRATACIÓN

TIPO DE CONTRATO	Precio Fijo	Precio Fijo	Precio Unitario
FORMA DE PAGO	% Avance	% Avance	Entregables Parciales
COSTO APROX. (USD)	\$ 10.000.000	\$ 23.500.000	\$ 8.500.000
ANTICIPO	20%	30%	30%
FECHA CONCURSO	30 días antes del inicio del proyecto	15 días después del inicio del proyecto	30 días después del inicio del proyecto
FECHA CONTRATACIÓN	15 días antes del inicio del proyecto	30 días después del inicio del proyecto	45 días después del inicio del proyecto

Tabla 55. Matriz de adquisiciones del proyecto.

Fuente: Autores

Los contratos tendrán forma de orden de compra, e incluirán los siguientes aspectos: entregables, cronograma, período de ejecución, precio, condiciones de pago y garantías.

En caso de necesitarse, en etapa de ejecución del proyecto, un contrato diferente de los que se encuentran en la tabla de adquisiciones del proyecto, se realizará una *solicitud de cambios* al Administrador, por parte del Director de Obras.

Para la administración de las adquisiciones, se llevarán a cabo inspecciones y auditorías de manera mensual, y se emitirán informes quincenales de desempeño por parte del Auxiliar de Compras.

12.11. CALENDARIO DE EVENTOS

En la Tabla 56 se presenta la programación de las reuniones y comités que se realizarán a lo largo del proyecto, con el fin de controlar las curvas críticas de costos, tiempo, alcance y riesgos. En cada uno de los planes de gestión, se listan los responsables.

CALENDARIO DE EVENTOS																																		
MESES	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M				
MES 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31			
MES 2				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
MES 3				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
MES 4		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
MES 5			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
MES 6				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
MES 7			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29			
MES 8				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31

	Acta de inicio
	Fin del proyecto
	Reunión semanal 7:00 a 10:00 a.m Se presentan los indicadores y reporte del control de tiempo, alcance y riesgos
	Reunión mensual 2:00 p.m - 6:00 p.m. Se evalúan indicadores de costo, tiempo, alcance y riesgos
	Comité de compras 10:00 a.m - 12:00 m Se presentan los indicadores y reporte del control de costos

Tabla 56. Control de líneas base del proyecto

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

Luego de realizar el anterior estudio de prefactibilidad, se puede concluir lo siguiente:

- El proyecto es viable desde el punto de vista de mercado, ya que:
 - El sector de la refinación de hidrocarburos está en constante expansión.
 - Existe una continua generación de lodos aceitosos en la operación de nuestras empresas clientes.
 - Las empresas quieren recuperar los hidrocarburos recuperados por nuestra planta.
 - Se cuenta con suficientes ventajas competitivas, teniendo como base el uso del análisis DOFA

- El proyecto es viable en el aspecto técnico, ya que:
 - Se tiene acceso a la tecnología y equipos, así como de los suministros y el personal, necesarios para realizar el proceso de tratamiento de lodos aceitosos.
 - Se dispone de permisos y lugar para localización de la planta, tanto en el sitio de operación como en la bodega y oficina administrativa.
 - Se conoce y domina la tecnología y el proceso para el tratamiento de lodos y recuperación de hidrocarburos.
 - Se puede cumplir con volumen de producción (tratamiento de los lodos que la refinería requiere tratar) con un solo turno de trabajo de 8 horas, trabajando 25 días al mes.
 - La inversión inicial del proyecto es de: USD 750M, aproximadamente \$1.134'847.060,00 y se puede financiar con aportes de bancos y de socios.

- El proyecto es viable desde el punto de vista financiero, ya que:
 - El VPN (Valor Presente Neto) es positivo y alto (\$1.623.282.494,67), lo cual indica la rentabilidad del proyecto, a 5 años.

- La TIR, con valor de 27.64%, es mayor que el WACC, lo que muestra cómo se estaría recuperando la inversión en 5 años.
 - El VPN y la TIR con financiación, hacen que el proyecto sea más rentable y atractivo para el (los) inversionista(s).
- Desde el aspecto ambiental, es posible prevenir, mitigar y controlar los impactos ambientales que se puedan presentar, mediante la correcta implementación y uso del Plan de Manejo Ambiental, detallado anteriormente.
- En cuanto a los riesgos del negocio, fue posible prever los mismos, valorarlos cualitativa y cuantitativamente, y hacer un plan de respuesta a los riesgos que se consideró que más afectarían a la empresa.
- En relación con el plan de gestión del proyecto de construcción de la planta, fue planificado en sus 9 áreas de conocimiento, teniendo como base la guía del PMI.
- Al haber establecido correctamente las líneas bases del alcance, tiempo y costos, junto con las estrategias de control planteadas, se asegura que estas áreas del proyecto, se lleven a cabo con efectividad.
- Si se tienen en cuenta los planes de gestión de los recursos humanos, las comunicaciones, los riesgos, las adquisiciones y la calidad, cumpliendo los responsables con cada uno de los puntos, se asegurará que estas áreas sean de apoyo seguro al proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- ARBOLEDA, Jorge Alonso. *Manual para evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras o actividades*. Medellín, Antioquia.
- ECOPETROL S.A. *Memorando GRC, Plan de Mantenimiento de tanques 2010 – 2019*. Cartagena, 13 de abril de 2010.
- ENTREVISTA con Luis Eduardo Pérez, Ingeniero Químico y Civil dependencia Proyectos de Gastos Reficar S.A. Cartagena, 13 de enero de 2011. “Comunicación personal”
- FJC ASESORÍA Y SERVICIOS. *Tratamiento de Cortes de Perforación*. Disponible en: <http://www.fjcglobal.com/21-control-solidos-tratamiento-cortes-perforacion.php?web=control-solidos-tratamiento-cortes-perforacion&sound=&lang=spa> Consultado: 20 de Febrero de 2011
- FLOTTWEG SEPARATION TECHNOLOGY. *Abra un Nuevo pozo petrolífero DECANTERS Y TRICANTERS FLOTTWEG para el procesamiento de lodos que contienen hidrocarburos*. Industrias Flottweg AG. Vilsbiburg, Deutschland. Disponible en:
 - http://www.flottweg.de/cms/upload/downloads/espanol/oil_sludge_es.pdf
Consultado el: 29 de octubre de 2010.
- HERNÁNDEZ, Ricardo. *Proceso y sistema para el tratamiento de tanques de petróleo fangoso para recuperar hidrocarburos y ayudar en la separación de materiales*. New York, USA. Disponible en: <http://www.patentesonline.com.ve/proceso-y-sistema-para-el-tratamiento-de-tanques-de-petroleo-fangoso-para-recuperar-34088.html>
Consultado el: 20 de octubre de 2010
- Martínez, Breyner, Patiño, Elkin. Acevedo, Efraín. *Estudio Técnico*. Universidad del Atlántico. Barranquilla, Atlántico. Disponible en:

- <http://www.slideshare.net/bmartinezangarita/estudio-tecnico-f-de-proyectos>
- ORECO. *Changing from manual to automated tank cleaning saved time and Money.* Fawley Refinery, UK. Disponible en: <http://www.oreco.com/graphics/File/PDF/Cases-fawley-uk.pdf> . Consultado el: 20 de Enero de 2011
- ORECO. *The Oreco Partner Network.* Disponible en: <http://www.oreco.com/sw5050.asp> Consultado el: 20 de octubre de 2010
- ORECO. *Zueitina Terminal.* Disponible en: <http://www.oreco.com/graphics/File/PDF/Cases-zueitina-uk.pdf> Consultado el: 18 de Enero de 2011
- PEMEX. *Informe de Responsabilidad Social 2009/Desempeño/Residuos.* México. Disponible en: Consultado: 22 de Enero de 2011
- POLANCO, Manuel. *Sistema de procesamiento de desechos de la refinería de petróleo.* New York, USA. Disponible en: <http://www.patentesonline.com.ve/sistema-de-procesamiento-de-desechos-de-la-refineria-de-petroleo-5218.html> Consultado el: 20 de Enero de 2011
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). *Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK).* 4 Edición. Newton Square, Pennsylvania, USA: PMI Publications, 2008. 467p
- RUSSIAN AMERICAN BUSSINESS. Oil-sludge-processing industry overview. Disponible en: http://russianamericanbusiness.org/web_CURRENT/articles/654/1/Oil-sludge-processing-industry-overview Consultado: 23 de Enero de 2011
- Yamal, C. (2002). *Administración profesional de proyectos. La guía.* México: McGraw-Hill Iiteramericana

ANEXOS

ANEXO 1

PLAN DECENAL DE MANTENIMIENTO DE TANQUES EN LA REFINERIA DE CARTAGENA Y EL TNP

TANQUE RCSA	PRÓXIMO MTTO.	DIÁMETRO TANQUE	VOL. LODOS
3063	2011	12.192	35
1102	2011	45.72	493
3033	2011	27.432	177
1104	2011	45.7	492
1106	2011	45.72	493
3014	2011	24.9936	147
3034	2011	36.576	315
3035	2011	36.6	316
1015	2011	35.6616	300
3070	2012	30.48	219
3012	2012	21.336	107
3042	2012	15.24	55
1007	2012	35.6616	300
3011	2012	21.336	107
3102	2012	9.144	20
3030	2012	33.528	265
3041	2013	21.336	107
3060	2013	15.2	54
1013	2013	35.6616	300
3062	2013	12.192	35
3055	2014	27.4	177
1119	2014	30.35	217
3013	2014	12.2	35

3036	2014	15.8	59
3045	2014	15.5	57
3056	2014	30.5	219
3080	2014	30.48	219
3020	2014	42.7	430

3021	2014	42.7	430
1014	2015	35.6616	300
1116	2015	45.72	493
1008	2015	35.7	300
3022	2015	42.7	430
3040	2015	18.288	79
3043	2015	18.288	79
3053	2015	33.5	264
3083	2015	39.624	370
1111	2016	35.7	300
3082	2016	30.48	219
3104	2016	12.192	35
3051	2017	21.3	107
3054	2017	27.4	177
1001	2018	35.7	300
3044	2018	21.3	107
3050	2018	21.3	107
3110	2018	14.0208	46
1018	2019	60.96	876
1103	2019	33.5	264
3061	2019	15.24	55
3052	2019	33.5	264
3071	2019	30.48	219

TANQUE TNP	PRÓXIMO MTTO.	DIÁMETRO TANQUE	VOL. LODOS
4107	2011	45.7	492
4110	2011	48.8	561
4104	2011	42.7	430
4108	2012	45.7	492
4111	2013	48.8	561
4116	2014	60.4	860
4117	2015	60.4	860
4109	2016	45.7	492
4120	2017	60.4	860
4103	2018	42.7	430
4102	2019	42.7	430
4118	2019	60.4	860
4105		21.3	107