

**EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA PARA EL  
DISEÑO DE LA FACILIDAD DE *BLENDING* DE CRUDOS EN EL PROYECTO  
RÍO CHIQUITO- DPTO DEL CASANARE**

**LAURA CRISTINA ATUESTA RODRÍGUEZ  
JULIETH TATIANA DÍAZ OROZCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2015**

**EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA PARA EL  
DISEÑO DE LA FACILIDAD DE *BLENDING* DE CRUDOS EN EL PROYECTO  
RÍO CHIQUITO- DPTO DEL CASANARE**

**LAURA CRISTINA ATUESTA RODRÍGUEZ  
JULIETH TATIANA DÍAZ OROZCO**

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniero  
de Petróleos**

**Director:**

**ING. ERIK GIOVANY MONTES PÁEZ  
Ingeniero de Petróleos**

**Codirector:**

**ING. EDWIN BERNARDO PINZÓN CEBALLOS  
Ingeniero de Petróleos**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA DE PETRÓLEOS  
BUCARAMANGA**

**2015**

## DEDICATORIA

En primer lugar dedico este trabajo a Dios y la Virgen María, quienes siempre están presente en mi vida para protegerme, bendecirme e iluminarme en mi camino al andar.

A mi abuelita Gallina quien a pesar de la distancia siempre me ha bendecido y llenado con su inmenso amor y sabiduría; te amo abuelita de mi corazón.

A mi papito Luis Emilio Atuesta Correa por ser el mejor papá del mundo, porque gracias a su sacrificio y entrega hoy puedo culminar esta maravillosa etapa en mi vida, gracias a su amor y a su paciencia forjó en mí el carácter y la estructura necesaria para ser una mujer de bien que le sea útil a la sociedad.

A mi mami, María Eleonora Rodríguez Cruz por ser mi amiga, mi confidente, por aconsejarme y por llenarme de tanto amor, gracias mami por brindarme tu apoyo siempre que lo necesito, por enseñarme que siempre debo ser mejor que el día anterior, y por estar siempre junto a mí.

A ti hermanito, Luis Eduardo Atuesta Rodríguez, colega mío, por sacarme unas cuantas canas, te agradezco por cada palabra de aliento y toda la ayuda que me brindaste a lo largo de la carrera. Juntos llegaremos lejos.

A Ricardo Gómez mi gran amor, por ser un hombre incondicional, por brindarme su compañía, por convertirse en mi amigo, en mi confidente y en mi mejor cómplice, gracias por entregarme tu corazón y por brindarme tantos momentos cargados de felicidad

A la hermana mayor que siempre quise tener, Olga Lucía Rodríguez Ortiz, por cada palabra de aliento, por hacerme sonreír y ver el lado positivo de las cosas, aun cuando todo estuviese mal. Gracias yiya por brindarme tu amor y hacer parte de mi vida.

A mi mejor amiga y compañera de tesis, Tatiana Díaz, porque me enseñó que la amistad perdura en el tiempo sin importar los problemas. Muchos éxitos en tu vida y en tu carrera tata.

A mis amigos, Fabián Aranguren, Nathalia Bejarano, Karoll Coronado, Emmanuel, Robles, Mario Torres, Alexander Beltrán, por compartir conmigo la mejor etapa de la vida, la Universidad.

A mi familia por todo su apoyo, por sus oraciones y por sus buenos deseos.

***Laura Cristina Atuesta Rodríguez***

## DEDICATORIA

A Dios porque con Él todo es posible en mi vida.

A la persona más importante de mi vida, mi ejemplo, mi motor,  
Mis ganas de salir adelante, a la que ha hecho hasta lo inalcanzable por mí y por verme  
cumplir todos y cada uno de mis sueños, por sus sacrificios, su apoyo, su amor.

No hay palabras ni cosas materiales que me permitan agradecerte y retribuirte por tanto.

Quiero que siempre te sientas orgullosa de cada cosa que hago.  
¡Mamá! esto es para ti, te amo.

A mi papá, porque a pesar de la distancia me ha brindado su apoyo y su amor, y hoy sabe  
que todos los sacrificios han valido la pena. Sin importar cuántos kilómetros nos separen,  
siempre estás en cada uno de mis planes, y serás uno de mis motivos para luchar cada  
día.

A la mejor futura geóloga del mundo, mi hermana;  
Por ser mi compañía durante toda esta etapa, por alentarme cuando decaigo, mí amiga,  
mi confidente, mi consejera chiquita, la que me saca canas y regaño porque quiero que  
siga siendo la gran mujer que es y que seguirá siendo.

Tienes un futuro enorme, lo sé. Soy y seré tu apoyo, y quiero seguir siendo tu ejemplo.

A Edwin y Mafer, que se han convertido en otros padres para mí, que me han convertido  
en parte de su familia, que me han brindado su apoyo en todo este camino y que han  
contribuido inmensamente en mi formación como profesional, mil gracias por todo.

A Lau, mi compañera de proyecto, gracias por la amistad sincera, por tener una palabra  
de aliento en los momentos difíciles, por las aventuras compartidas en todo este tiempo.  
Gracias amiga.

A toda mi familia, amigos, y aquellos que me han brindado su amor, confianza y que me  
demuestran que se sienten orgullosos de mí, recuerden que este logro no es sólo mío,  
También es de ustedes.

Mil y mil gracias. No los defraudaré.

***Julieth Tatiana Díaz Orozco***

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo de grado, queremos dar nuestros sinceros agradecimientos:

A Dios, pues en Él ha sido, es, y será posible el logro de todos y cada uno de nuestros objetivos y metas.

A nuestra familia, por su amor y apoyo incondicional, pues nos han visto en cada una de las emociones sentidas durante toda esta etapa, y nos ha permitido culminar esta etapa de nuestras vidas.

A la universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Petróleos por permitir nuestra formación profesional, de manera íntegra y útil para servirle a esta sociedad.

Al ingeniero Erik Giovany Montes Páez nuestro director, por brindarnos su confianza para realizar este proyecto, por orientarnos durante el mismo, que hoy termina de manera satisfactoria.

Al ingeniero Edwin Pinzón, que más que un codirector, fue un amigo incondicional en todo el desarrollo de nuestro proyecto.

A CPP Testing, por abrirnos las puertas de su empresa y permitirnos realizar nuestro proyecto de grado, guiándonos de principio a fin.

Al personal de la planta de la planta de *blending* Río Chiquito, por brindarnos una gran acogida y colaboración constante en la elaboración de este proyecto de grado.

A los ingenieros Mario Torres, Sergio García, Emmanuel Robles, quienes siempre estuvieron dispuestos a orientarnos con sus conocimientos en el desarrollo de este proyecto.

Gracias, infinitas gracias.

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	19
1. PROCESO DE <i>BLENDING</i>	21
1.1 DEFINICIÓN DEL PROCESO DE <i>BLENDING</i>	21
1.2 EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE <i>BLENDING</i>	22
1.3 GENERALIDADES DE LOS CRUDOS	24
1.3.1 Crudos livianos	24
1.3.2 Crudos pesados	25
1.4 PROBLEMAS ASOCIADOS AL PROCESO DE DILUCIÓN DE CRUDOS	26
2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE <i>BLENDING</i> RÍO CHIQUITO	28
2.1 RESEÑA DE LA PLANTA DE <i>BLENDING</i> RÍO CHIQUITO	28
2.2 CARACTERIZACIÓN DE CRUDOS EN LA PLANTA RÍO CHIQUITO	30
2.3 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE LA PLANTA RÍO CHIQUITO	32
2.4 MÉTODO DE MEZCLA UTILIZADO EN LA PLANTA RÍO CHIQUITO	35
2.4.1 Procedimiento de Descargue de crudo liviano	35
2.4.2 Proceso de Descargue de crudo pesado	35
2.4.3 Mezcla del crudo pesado y crudo liviano	36
2.4.4 Procedimiento de cargue del crudo	37
3. EVALUACIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE <i>BLENDING</i> DE RÍO CHIQUITO	38
3.1 REVISIÓN DE LOS LINEAMIENTOS EXISTENTES LEGALES Y AMBIENTALES DE LA INGENIERÍA BÁSICA EN LA PLANTA RÍO CHIQUITO	39
3.1.1 Licencia ambiental	39

3.1.2 Normas aplicables	39
3.1.3 Certificado de Registro Minero	42
3.1.4 Certificado de Legalización de explotación de materiales	42
3.1.5 Necesidades y requerimientos de la planta de <i>Blending</i> Río Chiquito	42
3.1.6 Capacidad de la planta	43
3.1.7 Condiciones ambientales y geográficas	44
3.2 ARREGLOS GENERALES DE LA PLANTA (CAMBIOS ESTRUCTURALES DE LA PLANTA)	44
3.3 VERIFICACIÓN DE LOS BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA USANDO UN SIMULADOR	54
3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS	62
3.5 CRITERIOS DE DISEÑO	64
3.6 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA	68
3.7 ANÁLISIS FINANCIERO	70
4. PROPUESTAS DE POSIBLES MEJORAS A REALIZAR A LA PLANTA RÍO CHIQUITO	102
4.1 MEJORAS EN EQUIPOS	102
4.2 MEJORAS EN PROCESOS	104
4.3 MEJORAS ESTRUCTURALES	111
CONCLUSIONES	112
RECOMENDACIONES	114
BIBLIOGRAFÍA	115
ANEXOS	118

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Ubicación geográfica de la planta Río Chiquito	29
Figura 2. Layout de la planta de blending Río Chiquito existente	34
Figura 3. Layout de la planta de <i>blending</i> Río Chiquito propuesto.	34
Figura 4. Diques de concreto de los módulos	46
Figura 5. Vista frontal de los diques de concreto.	46
Figura 6. Placa de concreto de los tanques de almacenamiento y mezcla.	47
Figura 7. Placas extra para futuros tanques	47
Figura 8. Placa para bomba centrífuga.	48
Figura 9. Placa en cemento para la bomba tornillo	48
Figura 10. Juego de pasarela, barandela y escalera para acceso a tanque	50
Figura 11. <i>Catch tank</i> de la planta Río Chiquito.	51
Figura 12. Sobreelevado de cemento para carrotanques.	52
Figura 13. Vista lateral para sobreelevado de concreto.	52
Figura 14. Bahía plana	52
Figura 15. By Pass	54
Figura 16. Esquema del módulo dos de la planta Río Chiquito en el simulador Aspen HYSYS	55
Figura 17. Condiciones del crudo liviano (Maracas) descargado	56
Figura 18. Condiciones del crudo pesado (TUA) descargado	56
Figura 19. Tubería de descarga de diámetro 6"	57
Figura 20. Especificaciones de la bomba luego de la corrida en el simulador	57
Figura 21. Tubería de descarga de diámetro 4"	58
Figura 22. Condiciones del crudo de despacho producto de la mezcla de Maracas y TAU	59
Figura 23. Propiedades del crudo de despacho	60

Figura 24. Estilo 741	67
Figura 25. Estilo 743	68
Figura 26. Muestra de resultados –Rentabilidad	100
Figura 27. Caldera Pirotubular	104
Figura 28. Sistema propuesto por los autores de la Caldera Pirotubular	105

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Caracterización de crudos de la planta Río Chiquito	31
Tabla 2. Coordenadas geográficas del punto de extracción	44
Tabla 3. Equipos en la planta de blending Río Chiquito	69
Tabla 4. Balance de ingresos para la planta (Ejercicio Académico)	72
Tabla 5. Gastos y costos del personal administrativo	73
Tabla 6. Gastos de funcionamiento	75
Tabla 7. Gastos del personal operativo	77
Tabla 8. Gastos administrativos del personal operativo	79
Tabla 9. Costos legales de personal	81
Tabla 10. Costos manejo de equipos	83
Tabla 11. Costos de transporte de crudo por carrotanque	85
Tabla 12. Utilidad definitiva	86
Tabla 13. Costos de transporte de crudo por carrotanque	89
Tabla 14. Utilidad definitiva transporte por oleoducto	90
Tabla 15. Flujo de caja para transporte por carrotanque	92
Tabla 16. Resultados	100
Tabla 17. Ejemplo del procedimiento de mezcla siguiendo la técnica propuesta	110

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Fichas técnicas	118
Anexo B. Descargue de crudos livianos	122
Anexo C. Procedimiento de descargue de crudos pesados	131
Anexo D. Procedimiento de cargue del crudo	137
Anexo E. Plan de Manejo Ambiental	148
Anexo F. Certificado de Registro Minero	155
Anexo G. Certificado de Legalización de explotación de materiales.	156
Anexo H. Caracterización de crudo liviano MARACAS	157
Anexo I. Caracterización de crudo pesado TUA	158
Anexo J. Diagrama de flujo de procesos del módulo uno de la planta Río Chiquito.	159
Anexo K. Diagrama de flujo de procesos del módulo dos de la planta Río Chiquito.	160
Anexo L. Diagrama de flujo de procesos del módulo tres de la planta Río Chiquito.	161
Anexo M. Mapa	162
Anexo N. Ecuación cálculo de calor requerido	163
Anexo O. Encogimiento de mezcla	165

## RESUMEN

**TÍTULO:** EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE LA INGENIERÍA BÁSICA PARA EL DISEÑO DE LA FACILIDAD DE *BLENDING* DE CRUDOS EN EL PROYECTO RÍO CHIQUITO- DPTO DEL CASANARE\*

**AUTORES:** JULIETH TATIANA DÍAZ OROZCO  
LAURA CRISTINA ATUESTA RODRÍGUEZ\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Ingeniería básica, Facilidades de superficie, *Blending*, Análisis económico, problemas de dilución de crudos.

### DESCRIPCIÓN:

El presente estudio tiene como objetivo evaluar el diseño de la facilidad de *blending*, implementada por la empresa de servicios *CPP TESTING* en el proyecto Río Chiquito, localizado en el departamento de Casanare; se mostrará a escala el trabajo de ésta etapa de ingeniería, que debió ser realizada previamente a la ejecución de este programa, con el fin de evidenciar el éxito de la facilidad de superficie utilizada para el tratamiento de crudos pesados en dicho campo.

De la misma manera, se brindará una visión general del crudo producido en este pozo, ofreciendo un amplio panorama de los aspectos que contribuyeron en el diseño de la facilidad de superficie para *blending*, esto a partir de la recopilación de toda la información necesaria, que permita evaluar los aspectos requeridos en el desarrollo de la ingeniería básica, y si es necesario, introducir mejoras continuas y sustanciales en todo el ámbito de gestión de proyectos de la empresa *CPP TESTING*, de manera que se mantenga siempre un enfoque de rentabilidad del sistema y que asegure que el procedimiento es óptimo.

Por último, se realizará un análisis económico comparativo del proceso de la venta del crudo mezclado por carrotanque, versus los costos asociados al proceso de venta de este mismo crudo transportado por oleoducto, teniendo en cuenta en este punto las inversiones, así como los costos de operación y mantenimiento.

---

\* Proyecto de grado

\*\* Facultad de ingenierías fisicoquímicas., Escuela de Ingeniería de Petroleos, director Director: ING. Erik Giovany Montes Páez Codirector: ING. Edwin Bernardo Pinzón Ceballos

## ABSTRACT

**TITLE:** EVALUATION OF THE DEVELOPMENT OF BASIC ENGINEERING DESIGN FOR FACILITY CRUDE BLENDING IN THE PROJECT RÍO CHIQUITO- DEPARTMENT OF CASANARE\*

**AUTHORS:** JULIETH TATIANA DÍAZ OROZCO  
LAURA CRISTINA ATUESTA RODRÍGUEZ\*\*

**KEYWORDS:** Basic engineering, surface facilities, Blending, Economic analysis, crudes dilution problems.

### DESCRIPTION:

This study aims to evaluate the design of the blending facility, implemented by the CPP TESTING services company in the RÍO CHIQUITO project, located in the department of Casanare; It will show the work of this scale engineering stage, which should be undertaken prior to the implementation of this program, in order to demonstrate the success of the ease of surface used for the treatment of heavy crudes in the field.

Similarly, an overview of the oil produced in this well is provided, offering a wide panorama of the aspects that contributed to the design surface for the facility of blending, from this gathering all the necessary information that to assess the aspects required in the development of basic engineering, and if necessary, introduce continuous and substantial improvements in the whole field of project management company CPP TESTING, so always keep a focus on profitability and system to ensure that the procedure is optimal.

Finally, a comparative economic analysis of the process of the sale of oil mixed by tank truck, versus the costs associated to the sale of the same oil transported by pipeline, considering at this point the investments and costs are made operation and maintenance.

---

\* Project of grade

\*\* Faculty of physico-chemical engineering. School of Petroleum Engineering, Director: ING. Erik Giovany Montes Páez Codirector: ING. Edwin Bernardo Pinzón Ceballos

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, los crudos pesados, extrapesados y las arenas bituminosas representan el mayor porcentaje de reservas de hidrocarburos<sup>1</sup>, 70% del panorama mundial distribuidos de la siguiente manera: petróleo pesado 15%, petróleo extrapesado 25% y arenas petrolíferas y bitumen 30%; Aspecto que añadido a una demanda energética en crecimiento y a precios que posibilitan su explotación comercial, los convierte en recursos fundamentales para la economía mundial. Sin embargo, estos yacimientos requieren mayores desafíos para su extracción, transporte, refinación y comercialización.

Los crudos pesados, extrapesados y las arenas bituminosas se caracterizan por tener altas viscosidades, bajas gravedades API y un alto contenido de impurezas, metales pesados, azufre y nitrógeno, lo cual hacen de estos fluidos un verdadero problema para su manejo en superficie dado que no pueden ser tratados de manera normal en la operación.

Colombia posee grandes áreas con yacimientos de este tipo, como lo son la cuenca de los Llanos Orientales y la cuenca del Valle Medio del Magdalena, obligando así a buscar mejores técnicas de aprovechamiento para estos crudos pesados que hoy día llegan a ser los más abundantes.

Una de las técnicas usadas para aumentar la producción de hidrocarburos pesados es modificar la viscosidad y la densidad del crudo pesado mediante la dilución con petróleos más livianos y de mejor calidad como la nafta, o incluso uno de mayor API, facilitando su movilidad. Así mismo, hoy existen numerables

---

<sup>1</sup> SCHLUMBERGER La importancia del petróleo pesado [en línea\* disponible en: [http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield\\_review/spanish06/aut06/heavy\\_oil.pdf](http://www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/spanish06/aut06/heavy_oil.pdf)

softwares que recrean dicho proceso, entre ellos se encuentra HYSYS, software desarrollado por Aspen Tech, el cual para efectos de este trabajo, permite realizar balances de masa proporcionando veracidad al proceso que se lleva a cabo durante una mezcla de crudos.

A continuación se presentan los alcances de este proyecto en términos de la evaluación de la ingeniería básica para la planta de *blending* (dilución de crudos) Río Chiquito, buscando valorar el funcionamiento de la planta para poder determinar posibles mejoras a la misma y corroborar su sistema de operaciones.

Este trabajo de grado se realiza en base a la planta de *blending* de Río Chiquito, donde opera la dilución de crudos, buscando las mejoras en cuanto a la calidad de este para su mejor comercialización.

Al mejorar la gravedad API de un crudo, se mejoran al tiempo sus propiedades, su manejo en superficie y lo más importante se logra un aumento en su precio. Empleando la técnica de mezclado se logra aprovechar el crudo pesado que representa grandes problemas y el crudo liviano que se encuentra escaso, pudiendo así obtener un producto estándar, que cumple condiciones favorables para poder darle una mejor utilidad.

## **1. PROCESO DE *BLENDING***

Con el fin de obtener el máximo potencial de los crudos pesados una vez producidos, en los últimos años, la industria se ha enfocado en el estudio y desarrollo de alternativas que permitan mejorar la calidad de estos. Siendo la viscosidad y la densidad, algunas de las características más relevantes de los hidrocarburos y que a su vez son parámetros determinantes en el momento de su comercialización, se convierten en el objetivo principal del proceso de *blending*.

Este método de dilución ha tenido un gran auge en la industria petrolera, pues permite mejorar en gran medida la calidad de los crudos que se consideraban poco atractivos desde el punto de vista económico, haciendo de ellos una opción más rentable para el despacho hasta su destino final y a su vez una alternativa menos agresiva con el medio ambiente.

### **1.1 DEFINICIÓN DEL PROCESO DE *BLENDING***

El método de *blending* es una alternativa relativamente moderna, que consiste en mezclar crudo pesado con hidrocarburos medianos, livianos, o con cortes de petróleo como querosén o nafta, en una proporción tal que permita su movimiento en condiciones económicamente aceptables; con lo anterior se pretende explicar que el crudo debe ser diluido hasta conseguir una mezcla que operacionalmente sea manejable desde el punto de vista de su fluidez; para que esto suceda habrá que determinar la calidad y cantidad de diluyente necesario para conseguir la mezcla buscada.

Para la dilución de crudos, existe una técnica de mezclado conocida como homogenización de crudo con aire, la cual consiste en hacer fluir el aceite de manera diferencial dentro del tanque, haciendo pasar aire a través del lecho del crudo; este método de mezcla tiene el problema de ser riesgoso, pues genera una nube explosiva que pone en riesgo no sólo la operación sino a todo el personal que trabaje allí. Por otra parte se encuentra la dilución convencional que se realiza en tanques equipados en su interior con serpentines, para realizar una constante agitación al crudo.

Esta técnica convencional es la implementada por la planta de *blending* Río Chiquito y en caso tal de que el crudo ya mezclado no cumpla con las especificaciones de venta, se realiza una recirculación a los tanques hasta que las condiciones sean las idóneas. Cabe aclarar que el proceso de *blending* inicia desde la descarga del crudo traído por carrotanques a la planta, hasta el cargue hacia los mismos para despacho.

## **1.2 EQUIPOS UTILIZADOS EN EL PROCESO DE *BLENDING***

- a) Bombas: Proporcionan el impulso necesario a un fluido para permitir su desplazamiento a través de tuberías u otro medio de circulación.
- b) Calentadores: Recipiente que permite transmitir energía a un fluido para facilitar la separación de sus fases o en determinado caso hacer más viable su desplazamiento.
- c) Tanques: Son recipientes generalmente cilíndricos, usados para almacenar fluidos como crudo, agua, o una mezcla de los mismos. Pueden presentar diferentes formas de diseño de acuerdo a las características del fluido que se quiera almacenar.

- d) Tuberías: Conducto cilíndrico hueco, usado en el transporte de fluidos. Una tubería también permite realizar a través de ella trabajos de intercomunicación entre dos o más equipos, succión y descarga.
- e) Válvulas: Son dispositivos encargados de controlar el paso de fluidos. Hacen parte de un conjunto de piezas o equipos que realizan determinada función.
- f) Instrumentos y accesorios: Comprenden las piezas o elementos moldeados o mecanizados que se acoplan a tuberías o equipos y que permiten formar las líneas estructurales de una planta de proceso.
- g) Sistema de control: Dentro de los sistemas de control podemos presentar:
- Sistema L.A.C.T: (Transferencia de Control Automático en la Localidad). Según la definición de API, el sistema L.A.C.T es un arreglo de equipos diseñados para la transferencia de hidrocarburos líquidos durante la producción del pozo a una estación de almacenamiento. Las unidades L.A.C.T son utilizadas para transportar y medir automáticamente hidrocarburos líquidos desde los pozos que se encuentran produciendo hasta una estación central de recolección situada en un lugar distante. Las unidades L.A.C.T incluyen instrumentos que miden la calidad y cantidad del aceite transportado; si el aceite es de mala calidad (normalmente alto contenido de agua) el bombeo se detiene<sup>2</sup>.
  - Laboratorio de control: Estación de control de las propiedades del crudo una vez está en superficie. En un laboratorio de control es posible definir el tratamiento que puede darse a determinado fluido y a su vez analizar los resultados luego de ser aplicado.

---

<sup>2</sup>JIMÉNEZ TAPIA Joel; Tesis Profesional; Sistema Automatizado en Instalaciones de Producción; Capítulo VIII, Página 12; Universidad Nacional de México; 1986

Para el caso de estudio, se cuenta en la planta con bombas de tipo centrífuga y bomba tornillo, generadores diésel, compresores los cuales se encuentran caracterizados en fichas técnicas (VER ANEXO 1). Los tanques y demás equipos pueden ser consultados en los criterios de diseño del capítulo 3.

### **1.3 GENERALIDADES DE LOS CRUDOS**

Los hidrocarburos, presentan una amplia variedad de producidos; algunos con mayor potencial energético y económico que otros. Siendo que este proyecto de grado, está basado en el aprovechamiento simultáneo del crudo liviano y pesado, para realizar una mezcla entre estos aceites y así obtener el mayor beneficio de ellos.

Si bien es cierto, los hidrocarburos líquidos tienen asociados ciertos problemas durante su manipulación, desde su extracción hasta su refinamiento, los cuales representan desafíos para la ingeniería de petróleos, que motivan a innovar y desarrollar procesos tales como el *blending*.

**1.3.1 Crudos livianos** Son hidrocarburos compuestos principalmente de metano, contienen gran concentración de hidrocarburos de bajo peso molecular, lo cual los hace menos pesados, esta característica les permite obtener la mayor cantidad de combustible posibles; también conocidos como crudos convencionales, tienen una gravedad API mayor a los 31° y por ende, son excelentes diluyentes cuando se tiene la disponibilidad de volúmenes suficientes, reduciendo así, la viscosidad del crudo pesado haciendo viable su bombeo a través de oleoductos.

La nafta hace parte de estos crudos livianos, con la diferencia de que esta es una mezcla de hidrocarburos que se encuentran refinados parcialmente, obtenidos en la parte superior de la torre de destilación atmosférica. Su mayor uso también es

como diluyente. Se convierte en una alternativa interesante para la producción de crudo pesado, debido a la alta gravedad API y a la compatibilidad con los asfalténos.

Las desventajas de diluir con nafta radican principalmente en la disponibilidad, debido a que algunas reservas de crudo pesado están localizadas en áreas remotas, entonces se incrementan de manera considerable los costos; la nafta es un hidrocarburo altamente inflamable, por lo cual su manejo y almacenamiento requieren de un proceso meticuloso y especial.

**1.3.2 Crudos pesados** Los crudos pesados representan un volumen significativo de las reservas de hidrocarburos del planeta; a pesar de los altos costos de explotación, tratamiento y refinación, en la actualidad la industria del petróleo busca sacar el mayor provecho de los mismos para tratar de atenuar la caída de la producción mundial.

Inicialmente, en fondo, los crudos presentan gravedades API notablemente altas, pero debido a procesos de degradación ocurridos durante la migración y el entrapamiento se convierten en aceites pesados, generalmente de difícil extracción.

Dichos crudos se caracterizan principalmente por presentar altas viscosidades y por ende bajas gravedades API que varían entre los 10 y 20°, del mismo modo, se asocian a estos crudos, sólidos y componentes contaminantes como azufre, nitrógeno, oxígeno y metales pesados.

Se estima, que las fuentes de energía como crudos pesados e hidrocarburos no convencionales aumentarán en la producción nacional de un 52% a un 69%, según Campetrol en un informe presentado el 18 de Junio del año en curso, representando un desarrollo energético para el país.

Como bien es cierto, los crudos pesados no poseen la mayor valorización económica, por ello es de suma importancia su aprovechamiento y optimización.

#### **1.4 PROBLEMAS ASOCIADOS AL PROCESO DE DILUCIÓN DE CRUDOS**

El proceso de mezclado de crudos, como método de dilución, es básico y sin mayor complejidad. El problema radica cuando durante la operación o la logística, se impacta la estructura económica y rentable del proyecto.

Cabe recordar que el proceso de dilución abarca muchas técnicas que permitan mejorar la calidad del crudo; y que este proyecto de grado se enfoca en el *blending*, como mezcla de un crudo pesado con crudo liviano para lograr dicho propósito.

Algunos de los problemas más destacados durante el proceso de dilución por *blending* son:

- a) Asociado a los crudos pesados se presentan compuestos asfálticos y en consecuencia de ello, es posible la precipitación de ellos, causando taponamientos en las tuberías y estaciones de bombeo, para lo que se requiere el aumento de actividades de monitoreo, limpieza y mantenimiento.
- b) Algunas de las mezclas de crudo no logran alcanzar la estabilidad esperada, debido a que el proceso no se realiza en proporciones adecuadas, o incluso los mismos aceites utilizados en la mezcla presentan problemas de incompatibilidad de parámetros esenciales para obtener un resultado finalmente positivo.
- c) Cuando el *blending* se realiza en una planta ubicada en un lugar diferente al mismo sitio de producción, el crudo debe transportarse hasta el sitio de dicha

operación a través de carrotanques. El problema aquí se tiene cuando tales vehículos están sujetos a fallas mecánicas, contratiempos, u otros inconvenientes no previstos que retrasen el proceso de cargue o descargue.

- d) La no disponibilidad de los dos tipos de crudos utilizados en este tipo de dilución (crudo pesado y crudo liviano), generan un enorme problema para cumplir con la producción diaria de *blending*, pues esta carencia podría suspender la actividad de la planta en su totalidad.
- e) Es posible que exista evaporación de volátiles del crudo liviano, pues durante las actividades que se realizan en la descarga del carrotanque, una mínima cantidad de estos componentes pueden disiparse.
- f) En la planta se da prioridad a la descarga de crudo pesado con el fin de evitar que la temperatura que este trae, descienda y dificulte el flujo del aceite al tanque de recibo.
- g) El crudo que llega a la planta fuera de especificaciones, no puede ser tomado para el proceso de mezcla. Esto implica un retraso de la operación y a su vez contempla un presupuesto adicional para su tratamiento.

## **2. DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA DE *BLENDING* RÍO CHIQUITO**

A continuación se resumen algunos ítems que permiten, generar en el lector, una idea básica y general de la planta Río Chiquito.

### **2.1 RESEÑA DE LA PLANTA DE *BLENDING* RÍO CHIQUITO**

La planta de *blending* Río Chiquito está situada a 13 kilómetros de la vía Aguazul-Tauramena, en la vereda Río Chiquito, Departamento del Casanare; de acuerdo a su ubicación geográfica la planta se localiza bajo las siguientes coordenadas: latitud 5.097141, longitud de -72.603489 y altitud de 300 msnm.

La región presenta un clima tropical-húmedo-cálido, donde la temperatura oscila entre los 40 y los 15 °C, así mismo, en la locación se presentan partículas de H<sub>2</sub>S altamente agresivas en el ambiente.



## 2.2 CARACTERIZACIÓN DE CRUDOS EN LA PLANTA RÍO CHIQUITO

De acuerdo a los reportes obtenidos por el departamento de data, en la planta Río Chiquito se reciben crudos pesados y livianos para realizar una mezcla y despachar un crudo con condiciones mejoradas.

La gravedad API de los crudos usados para realizar el *blending*, oscila para los livianos entre los 29° y los 38°, y para los aceites pesados en un intervalo entre los 12,5° y los 15,3°. La finalidad de dicha operación, es una vez efectuada la mezcla, obtener un crudo con gravedad API cercana a los 22°. Para el caso en que el proceso de dilución de crudo pesado con liviano no alcance las condiciones esperadas, se debe realizar una recirculación que permita completar tal objetivo.

Para este proyecto de grado, se realiza una tabla que resume la caracterización de los crudos que llegan a dicha estación de tratamiento. En dicha tabla es posible observar que Max, es el campo que aporta los crudos más pesados utilizados en Río Chiquito, por el contrario, Las Maracas y Begonia asisten los crudos con mayor gravedad API a la operación.

En cuanto al porcentaje de agua y sedimentos, Tilo, es el campo que tiene el mayor presencia de los mismos, y Kona, la representación inversa, con un porcentaje muy bajo.

Teniendo en cuenta la temperatura con la que los crudos llegan a la planta, pueden obtenerse variaciones afines al tiempo de extracción de los pozos, en relación al tiempo que demoren en ser descargados a los tanques de la planta. Siendo este un parámetro importante, en promedio la temperatura puede variar de los 80 a 215 °F. Particularmente, Max lleva los crudos más calientes a la planta pero de manera ambigua, son los aceites que tienden a cambiar su temperatura de forma descendente en poco tiempo.

**Tabla 1. Caracterización de crudos de la planta Río Chiquito**

<b>PROMEDIO DE CARACTERIZACIÓN REPORTADA</b>			
<b>PLANTA DE <i>BLENDING</i> RÍO CHIQUITO</b>			
<b>CRUDO CAMPO</b>	<b>GRAVEDAD API [°API]</b>	<b>TEMPERATURA [°F]</b>	<b>BS&amp;W [%]</b>
<b>CRUDOS PESADOS</b>			
Akira	15 - 15.3	150 - 170	0,35
Max	12,5 - 13	200 - 215	0,2
Tigana	14,5 – 14,8	No reporta	0,2
Tilo (Taro Taro)	14	200 - 215	0,4
Tua	15,3 – 15,5	190 - 200	0,35
<b>CRUDOS LIVIANOS</b>			
Adalia	37 -37,9	110 - 120	0,2
Begonia	37 - 38	140 -150	0,15
Carmentea	36 - 37	95 - 105	0,1
Celtis	35	110 - 120	0,1
Las Maracas	38	100	0,15
Kananaskis	29	150	0,3
Kona	31,5 – 31,9	80 - 85	0,03

Las mezclas en la planta Río Chiquito, se efectúan de modo empírico, aunque se fundamentan en que las gravedades API no se ponderan linealmente, por tanto, este proyecto de grado puede citar que deben realizarse formatos y lineamientos que permitan a los operadores realizar el trabajo de manera técnica, pues cabe la probabilidad que al realizarlo de la manera actual, el *blending* pueda presentar alteraciones en los resultados.

A manera de síntesis, se precisa que el crudo mezclado se despacha con gravedad API entre los 21 a 22°, BSW equivalente a 0,5 y temperatura cercana a los 130 °F.

### **2.3 INFRAESTRUCTURA EXISTENTE DE LA PLANTA RÍO CHIQUITO**

En lo que respecta a las instalaciones de la planta de *blending* Río Chiquito, se cuenta con una única entrada de acceso ubicada en el occidente geográfico, donde se encuentra la caseta de portería, en la cual se registra el ingreso y salida de personal y de carrotanques diaria. Esta misma ubicación corresponde al punto de encuentro en caso de una emergencia.

Al norte magnético de la planta, se encuentran tres containers, el primero, está adecuado como una oficina perteneciente al área de registros de despacho, y data en general; seguidamente un laboratorio de control para pruebas de crudo y por último, un container dividido en dos secciones, en las que se realiza el control y logística de la operación, a su vez sirve como bodega para herramientas y pertenencias de los trabajadores que estén en turno. Al norte también se encuentra ubicado un baño y dos recipientes para almacenar residuos.

En sentido este, dos generadores, uno con funcionamiento permanente y el otro como back up, una cabina de baño y junto a esta un recipiente para almacenar residuos.

Al sur, se encuentran instaladas la mayor parte de las facilidades de la planta. Se cuenta con un Catch tank; tres módulos de tanques, el módulo uno y tres poseen cuatro tanques para mezcla y almacenamiento, al complejo número dos corresponden seis tanques que trabajan bajo el mismo funcionamiento. Frente a cada uno de los módulos, se adicionan juegos de bombas, sumando un total de trece bombas para la planta. En este punto están construidas, tres bahías (una para cada unidad), siendo el punto de referencia de parqueo de carrotanques que descargan o cargan crudo. Por razones de seguridad, se ubican en la parte trasera de las bahías extintores multipropósitos.

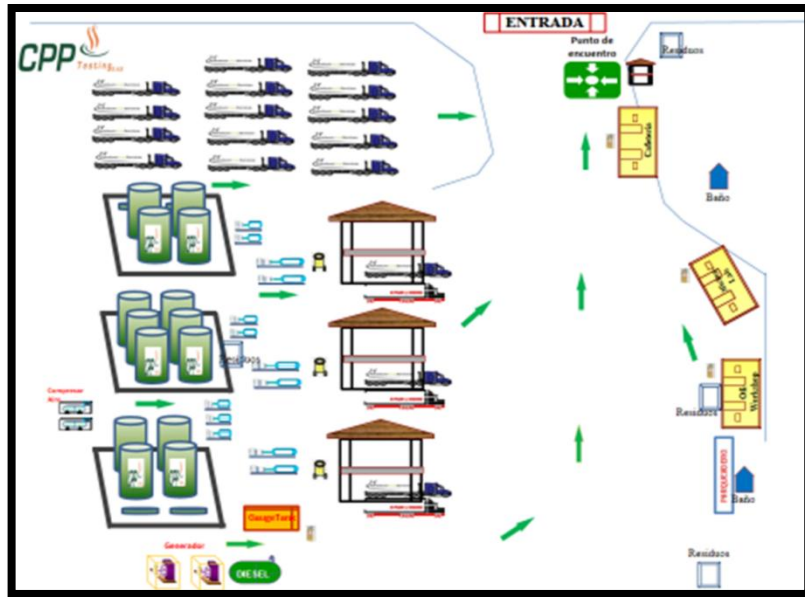
También se cuenta con una caja API utilizada para recolectar aguas lluvia las cuales pueden estar contaminadas con aceites, Dos compresores y finalmente se encuentra un tercer recipiente de almacenamiento de residuos.

En una vista sur-occidental, se acondiciona la zona de parqueo de carrotanques, los cuales deben tomar un tiempo de espera para ser descargados o cargados, según la disponibilidad de los tanques.

Toda esta información se encuentra plasmada en un layout, el cual en el ámbito de diseño hace referencia a un croquis, esquema, o bosquejo de distribución de las piezas o elementos que se encuentran dentro de un diseño en particular, con el fin de presentarle dicho esquema a un cliente para venderle la idea, y luego de llegar a un acuerdo y aceptar la idea, poder realizar el trabajo final en base a este bosquejo.

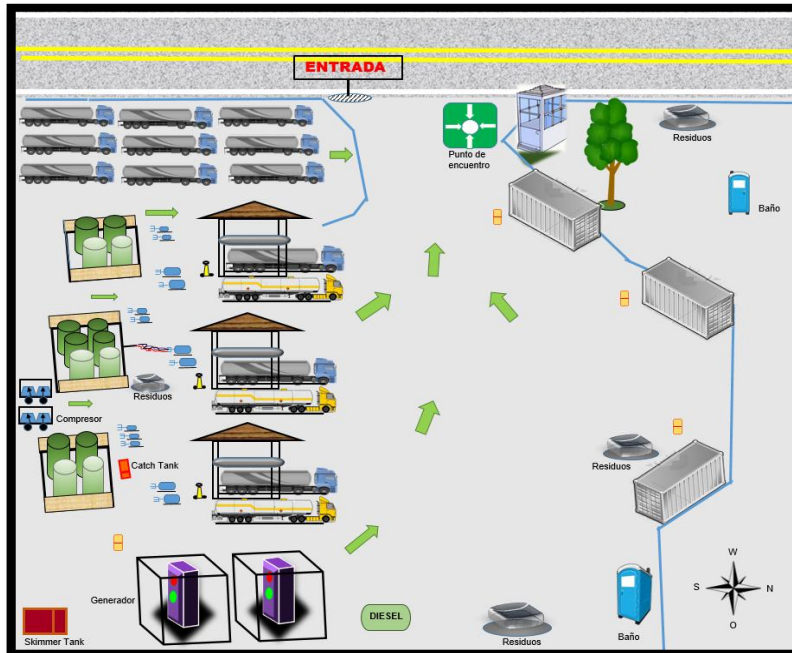
Teniendo claro el significado, la empresa *CPP TESTING*, proporcionó un layout general de la planta, donde se encuentra la vista general de la planta Río Chiquito antes de ser construida.

Figura 2. Layout de la planta de blending Río Chiquito existente



Fuente: Tomada de la base de datos de la empresa CPP TESTING

Figura 3. Layout de la planta de *blending* Río Chiquito propuesto.



Con el fin de cumplir con el objetivo de esta evaluación, se realiza el esquema de la planta al día de hoy el cual se puede decir es casi igual a diferencia de la ubicación de ciertos equipos como el *Catch Tank* y la caja API; este diseño se modificó por parte de los autores como se muestra a en la imagen anterior.

## **2.4 MÉTODO DE MEZCLA UTILIZADO EN LA PLANTA RÍO CHIQUITO**

Para efectuarse la mezcla de crudo pesado y crudo liviano en la planta e Río Chiquito se realizan cuatro procesos generales: descargue de crudo liviano, descargue de crudo pesado, mezcla del crudo y por último se procede al cargue del crudo con condiciones de despacho.

**2.4.1 Procedimiento de Descargue de crudo liviano** Desde el momento que ingresa un vehículo con crudo liviano, el tiempo de descargue promedio es de 30 minutos, el procedimiento se realiza en un descargadero con un sobreelevado (ver imagen N° 12), dicha condición está sujeta a la facilidad con la que se descarga el crudo debida a la inclinación que el carrotanque presenta al momento de iniciar la operación. El proceso a detalle se encuentra en el ANEXO 2.

**2.4.2 Proceso de Descargue de crudo pesado** Desde el momento que ingresa un vehículo con crudo pesado el tiempo promedio de descargue es de 40 minutos; de igual manera que en el proceso de descargue de crudo liviano el carrotanque debe apoyarse en el sobreelevado. Cabe decir que cuando el aceite pesado aun cuenta con altas temperaturas, se le da prioridad para tomar este factor como un beneficio, ya que a estas condiciones el tiempo de descargue por medio de la bomba tornillo que es apta solo para este crudo, es igual al tiempo que toma el crudo liviano. El proceso paso a paso de se encuentra en el ANEXO 3

**2.4.3 Mezcla del crudo pesado y crudo liviano** Una vez el crudo pesado y el crudo liviano se encuentran descargados, se procede a realizar el *blending* (mezcla) en el tanque, el tiempo que toma recircular los dos crudos para conseguir una buena mezcla son veinticinco minutos. Esto quiere decir que todo el proceso se lleva a cabo en una hora y treinta y cinco minutos aproximadamente por tanque mezclado en condiciones normales de operación

El mezclado puede realizarse en cualquier tanque del módulo que se esté operando dependiendo únicamente de la disponibilidad de este. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- a) Calcular la cantidad de crudo Pesado y liviano para hallar las especificaciones de API y BS&W exigidas por el cliente.
- b) Hacer la respectiva alineación del tanque; por válvula de venta a Bombas centrifugas, y desde la descarga de las bombas centrifugas por la línea de recirculación hacia el tanque que se va a mezclar.
- c) Una vez verificada la alineación requerida, dar arranque a la bomba centrifuga; dejar aproximadamente quince minutos en este proceso para garantizar una buena homogenización de los fluidos.
- d) Parar la Bomba centrifuga de recirculación dejar estabilizar durante 15 minutos el fluido dentro del tanque mezclado.
- e) Tomar la medida del fluido almacenado después de la mezcla.
- f) Tomar muestra de fluido a través de la boquilla de medición y mediante el Ladrón (ver imagen N° 29), llevar a laboratorio para análisis de API y BS&W.

- g) Tomar Temperatura con el termómetro electrónico digital transportable, a través de la boquilla de medición y a la mitad del nivel del fluido existente dentro del Tanque, además tomar la temperatura ambiente a 1 metro aproximado del tanque (en la sombra) reportando estos datos y resultados a la DATA para efectuar el proceso de liquidación.
- h) Realizar la liquidación del volumen mezclado obtenido para verificar la calidad del crudo resultante del proceso.
- i) Una vez verificado que la calidad de la mezcla corresponde a la solicitada por el cliente, se procede con el cargue del crudo mezclado en los carrotanques.

**2.4.4 Procedimiento de cargue del crudo** Este proceso se realiza en una bahía plana con el fin de evitar agitación en el fluido al momento de realizar el cargue del carrotanque, el crudo debe cumplir con las especificaciones requeridas por el cliente. Se instalan sellos de seguridad en la salida de la escotilla y válvula del vehículo para garantizar la legalidad y seguridad de la entrega (ver imagen N° 48 y 49). Este proceso se encuentra en el ANEXO 4.

### **3. EVALUACIÓN DE LA INGENIERÍA BÁSICA DE LA PLANTA DE *BLENDING* DE RÍO CHIQUITO**

El desarrollo de un proyecto de ingeniería, puede abarcar varias etapas que contribuyen a estimar su factibilidad de manera progresiva, pues en cada una de ellas, es posible estudiar y evaluar ciertos ítems que permiten avanzar y finalmente conseguir la ejecución de dicho plan.

En consecuencia, el desarrollo de un proyecto de ingeniería se divide en tres etapas: ingeniería conceptual, ingeniería básica e ingeniería de detalle.

Inicialmente, la ingeniería conceptual pretende realizar la definición del proyecto, estableciendo un objetivo principal que es dado por el interesado en el mismo, de esta manera, se da el primer criterio de evaluación de viabilidad técnica y económica.

En segunda instancia, se procede con el desarrollo de la ingeniería básica (en la cual se enfoca este proyecto de grado), cuyo propósito es el diseño y especificaciones generales que se preparan con base en los conceptos y criterios seleccionados durante la fase de la ingeniería conceptual.

Finalmente, la ingeniería de detalle, se fundamenta en todo el diseño anterior, a fin de adecuar y modificar todos los parámetros establecidos, y que al mismo tiempo, esta etapa pueda estar sometida a nuevas exigencias, redimensionamientos, cambios en el entorno, nuevas políticas e incluso, el cambio de los objetivos previamente constituidos.

Cabe aclarar, que en la estructura de cada etapa, se contemplan una serie de entregables, que dan evidencia y veracidad de la evaluación realizada en cada etapa. Dependiendo el tipo de ingeniería que se desarrolle, estos son específicos para cada una de ellas.

A continuación se describen los entregables de la ingeniería básica para el proyecto de la planta de *blending* de Río Chiquito.

### **3.1 REVISIÓN DE LOS LINEAMIENTOS EXISTENTES LEGALES Y AMBIENTALES DE LA INGENIERÍA BÁSICA EN LA PLANTA RÍO CHIQUITO**

De acuerdo a lo planteado por los autores de este proyecto, y teniendo en cuenta permisos, licencias, certificados legales y ambientales que fueron solicitados y otorgados a la empresa de servicios *CPP TESTING*, para la instalación de las facilidades de superficie y operaciones de *blending* en la planta, se encontraron las evidencias que se muestran a continuación.

**3.1.1 Licencia ambiental** La licencia ambiental para la planta de Río Chiquito, está documentada en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) de minería regido bajo el decreto 2390 de 2002, el cual resume los estatutos de reglamentos que fueron evaluados para licenciar este proyecto, y su vez, se define la viabilidad del proyecto para otorgar el plan de manejo ambiental. El 4 de diciembre de 2007, se realizó una visita por parte del Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), y la Corporinoquia para hacer efectiva la visita técnica que permitió dar el veredicto final para ejecutar el PMA ( ver ANEXO 5).

**3.1.2 Normas aplicables** El diseño de la planimetría de la clasificación de áreas y la especificación de los accesorios, iluminación a utilizar, sistema de generación y

de distribución para las condiciones del proyecto, se basa en los siguientes Códigos y Normas:

- **NFPA 70:** National Electrical Code. Capítulo 5 Special Occupancies
- **API RP 500:** American Petroleum Institute- Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and 2.
- **API RP 14F:** American Petroleum Institute- Recommended Practice for Design and Installation of Electrical Systems for Fixed and Floating Offshore Petroleum Facilities for Unclassified and Class I, Division 1 and 2 Locations.

Las siguientes definiciones aplican para este documento:

- a) **Área Clase I:** Un sitio en el cual hay o puede haber presentes en el aire, mezclas carburantes de gases o vapores inflamables, en cantidades suficientes para producir una explosión.
- b) **Área Clase I, División 1:** Un sitio en el cual puede haber eventualmente concentraciones carburantes de gases o vapores inflamables que bajo condiciones normales de operación o por fallas de operación en el equipo o en el proceso, pueden simultáneamente liberar gases o vapores inflamables y además causar falla del equipo eléctrico. Para una definición completa véase el NEC Artículo 500-5(a).
- c) **Área Clase I, División 2:** Un sitio en el cual puede haber eventualmente gases o vapores inflamables, que normalmente están confinados sin sistemas cerrados, y se previene su acumulación mediante adecuada ventilación, o el sitio es adyacente a un área División 1 desde la cual se pueden ocasionalmente comunicar concentraciones carburantes. Para una definición completa véase el NEC Artículo 500-5(b).

Los principales componentes de las facilidades para el Descargadero de la Planta de *blending* Río Chiquito, que generan áreas clasificadas a su alrededor de acuerdo con las distancias indicadas en la NFPA-70 Art 500-5(b) son los siguientes subsistemas:

- Descargue de crudo
- Control de presión y acondicionamiento de crudo
- Almacenamiento de crudo
- Medición de crudo
- Mezcla y despacho de crudo
- Sistemas de alivio y venteo
- Sistemas de Mezcla de hidrocarburos
- Sistemas de dren de hidrocarburos
- Sistemas de drenaje de aguas aceitosas

Las Facilidades están compuestas por un sistema de descargue de crudo pesado y liviano para ser enviado a tanques de almacenamiento. El crudo pasa después a una segunda etapa de mezcla y posterior despacho de crudo en especificación. El crudo fuera de especificación es devuelto a un tanque de recirculación para luego ser nuevamente mezclado hasta cumplir con especificaciones.

Analizando el anterior proceso, se concluye que en las etapas de tratamiento del crudo se producen gases y vapores inflamables clasificados dentro de los grupos B, C y D. (atmósferas con butano, hexano, metano, gas natural, propano y la mayor parte de gases de hidrocarburos y vapores encontrados en la producción de petróleo).

Para las instalaciones eléctricas se debe tener en cuenta la API RP-14F en donde se establecen las técnicas de protección relacionadas con los equipos instalados en áreas clasificadas, los métodos de cableado para clasificación de áreas, el

método de sellado de los conduits<sup>3</sup> eléctricos, la selección de motores eléctricos y las características de los sistemas de iluminación en dichas áreas.

**3.1.3 Certificado de Registro Minero** Expedido el 21 de Marzo de 2013, con vigencia de 30 años, bajo la modalidad de Contrato de Concesión (L 685), al solicitante Alejandro Rafael Jiménez Ojeda, dicho documento se remite con placa N° FLU-088A.

Certificado que cede permiso para la extracción de material de construcción en un área de 11 hectáreas y 5587 m<sup>2</sup>, zona ubicada en Aguazul, departamento del Casanare. (Ver ANEXO 6)

**3.1.4 Certificado de Legalización de explotación de materiales.** El señor Alejandro Jiménez Ojeda, titular del contrato de concesión FLU-088A, certifica a partir del día 27 de Marzo de 2014, que la empresa CAMPER GAS S.A.S, ha comprado material clasificado ya nombrado previamente en la licencia. (Ver ANEXO 7)

### **Bases del diseño**

A continuación se especifican las bases que se tuvieron en cuenta para la realización de la planta de Río Chiquito.

### **3.1.5 Necesidades y requerimientos de la planta de *Blending* Río Chiquito**

Teniendo en cuenta que la empresa operadora PAREX, en su producción de crudo, maneja altos volúmenes de crudo pesado, y livianos en menores proporciones, pretendía obtener el máximo aprovechamiento de ellos, dado que es mucho más representativo y rentable, realizar una mezcla con proporciones establecidas, que permitan obtener un aceite final que cumpla los requerimientos

---

<sup>3</sup> Conductores a prueba de líquido.

de venta y al mismo tiempo adquirir una mayor rentabilidad producto de esta operación.

*PAREX RESOURCE*, en la planta de Río Chiquito, proporciona para el proceso de *blending* doce crudos de gravedad API, que varía en los pesados desde los 12,5 a 15,5 °API, y en livianos desde los 28 a los 38 °API.

Al evaluar una visión futura, en el panorama de transporte, es posible decir que se pueden presentar variaciones significativas en ámbitos económicos, pues al realizar el procedimiento de *blending*, el cual permite llevar el crudo a ciertas condiciones, a su vez facilita que el aceite cumpla las condiciones requeridas para ser enviado por oleoducto hasta la refinería, reemplazando el transporte por carrotanque, incurriendo así, en un menor costo.

**3.1.6 Capacidad de la planta** En la planta de *blending* de Río Chiquito, al inicio en teoría se pretendía contar con una producción que no superaría los 4000 Bbls netos de crudo mezclado. Posteriormente si se producía un incremento de la producción, se construirían módulos adicionales, que contribuyeran a suplir la nueva demanda.

Al inicio de la construcción, se tomó entonces una capacidad de 4000 Bbls, pero no pasado un año, *PAREX RESOURCES*, solicitó a la empresa de servicios *CPP TESTING*, la construcción de dos módulos adicionales que permitieran abarcar una producción cercana a los 12000 Bbls netos de crudos de mezcla.

### 3.1.7 Condiciones ambientales y geográficas

**Tabla 2. Coordenadas geográficas del punto de extracción**

Condiciones ambientales y geográficas	
Latitud	5.097141
Longitud	-72.603489
Altitud	300 msnm
Temperatura	40-15 °C
Clima	Tropical-húmedo-cálido

### 3.2 ARREGLOS GENERALES DE LA PLANTA (CAMBIOS ESTRUCTURALES DE LA PLANTA)

Para la ubicación e instalación adecuada de equipos, aparatos y accesorios eléctricos, debieron ser realizadas diferentes pruebas que permitieran relacionar las condiciones de operación requeridas con las existentes en la locación. En consecuencia, se debieron obrar una serie de modificaciones dentro del área asignada, con el fin de que la construcción de la planta contara con los arreglos necesarios para ejecutar la operación de *blending* exitosamente, preservando el medio ambiente y la seguridad de todo el personal.

Dentro de los arreglos más importantes se destacan:

- a) Diques de contención: El propósito fundamental del dique de contención es evitar la contaminación del subsuelo en caso de derrames o que se extienda el producto hacia otras áreas y tener la oportunidad de recuperarlo. Todos los tanques de almacenamiento, verticales y horizontales deben estar limitados por diques de contención, cuya construcción sea de concreto, acero o mampostería, impermeabilizados, con recubrimiento resistente al producto

químico y capaces de resistir la presión hidrostática ejercida por el líquido que llegarán a contener. El dique no debe tener ningún desagüe ni filtración<sup>4</sup>.

En la planta de Río Chiquito, cada dique está preparado para encerrar un juego de tanques y así dar cumplimiento a las razones anteriormente expuestas.

- Dique para tanque de Diésel: Tiene una altura de setenta y siete centímetros, un largo de ocho metros con cincuenta y tres centímetros y un ancho de cuatro metros con cuarenta y siete centímetros.
- Diques para módulos: Estos diques tienen una altura de un metro con veinticinco centímetros, un largo de veintitrés metros con dos centímetros y un ancho de dieciocho metros con cuatro centímetros (ver imagen 4 y 5).

b) Acondicionamiento con placas: se construye un cuadrado perimetral de cemento, sobre el cual se debe apoyar el tanque para evitar hundimiento del terreno y que se presente corrosión en la parte inferior del tanque.

- Placa para tanques: En cada módulo, los tanques tienen su propia base están acondicionadas para futuras acomodaciones de tanques, en de apoyo, adicionalmente en el módulo tres, que cuenta con cuatro tanques, existen dos placas que actualmente están vacías, pero que caso tal de aumentar la producción.

Las placas de los tanques tienen una altura de veinte centímetros, un largo de cinco metros con treinta y cuatro centímetros y un ancho de cinco metros con treinta y cuatro centímetros (ver imagen 6).

---

<sup>4</sup>SEGUROS DE RIESGOS LABORALES SURAMERICANA S.A, Preguntas frecuentes realizadas a sistema [en línea] disponible en: [http://www.arlsura.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1472&Itemid=176&limitstart=6](http://www.arlsura.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1472&Itemid=176&limitstart=6)

**Figura 4. Diques de concreto de los módulos**



**Figura 5. Vista frontal de los diques de concreto.**



**Figura 6. Placa de concreto de los tanques de almacenamiento y mezcla.**



**Figura 7. Placas extra para futuros tanques**



- Placa para compresor: Esta placa cuenta con un largo de cuatro metros con sesenta y cinco centímetros y un ancho de tres metros con setenta centímetros.

- Placa para *Catch Tank*: Cuenta con un largo de cinco metros con ochenta y siete centímetros y un ancho de tres metros con treinta centímetros.
- Placa para bomba centrífuga: Tienen un largo de tres metros con sesenta y seis centímetros y un ancho de tres metros.

**Figura 8. Placa para bomba centrífuga.**



- Placa para bomba tornillo: Cuentan con un largo de cinco metros y un ancho de treinta y siete centímetros.

**Figura 9. Placa en cemento para la bomba tornillo**



- Placa para generadores: Tienen un largo de quince metros, un ancho de seis metros y una altura de 2 metros con ochenta centímetros.
  - Placa para los carrotanques: Estas bahías cuentan con un largo de dieciocho metros, un ancho de cuatro metros con noventa centímetros y una altura del basculante para descargue de veinte centímetros.
- c) Pasarelas, barandelas y escaleras: Como medida de acceso y seguridad, se requiere instalar a las facilidades que requieran trabajos en alturas. Las pasarelas cuentan con una altura de siete metros con veinte centímetros, están fabricadas en hierro; las gradas o escaleras de acceso están fabricadas en hierro, tienen una rejilla de quince metros de largo aproximadamente y soportan un peso alrededor de los cuatrocientos kilogramos.

En la planta Río Chiquito, se aprecian este tipo de acondicionamientos en los tanques y casetas localizadas en las bahías para carrotanques, desde las cuales es monitoreado y controlado el proceso por un operador (ver imagen 10).

- d) Tratamiento de aguas lluvias: Se cuenta con un sistema de cajas recolectoras de aguas lluvias o cajas API con el fin tal que si se presenta un evento de reguero o contaminación con crudo o combustible, estas cajas recolectoras retengan los aceites y liberen únicamente el agua para así poder recuperar nuevamente los aceites y evitar la contaminación externa o evitar contaminación a los afluentes cercanos.
- e) *Skimmer Tank* o caja API: son equipos que recogen y eliminan aceites sobrenadantes en el agua. El principio básico de funcionamiento es el peso específico de las sustancias a separar.

La mayoría de los hidrocarburos tienen un peso específico menor que el del agua, por esta razón flotan y se pueden separar fácilmente. El principio de funcionamiento de los *skim tank* es el de separación gravitacional que se ve favorecida por el tiempo de residencia<sup>5</sup>.

**Figura 10. Juego de pasarela, barandela y escalera para acceso a tanque**



- f) *Bulkdrum*: Son equipos instalados en cada módulo, para ser conectados entre sí, permitiendo drenar el agua libre asociada al crudo en los carrotanques, hacia el *catch tank*. Como dimensiones cuenta con un largo de cinco metros con ochenta y siete centímetros y un ancho de tres metros con treinta centímetros.

<sup>5</sup> ICCD LTDA. 43 oil skimmer skim tank separadores microburbujas  
<http://www.iccdltda.com.co/sitio/servicios/tratamiento-de-aguas-residuales/43-oil-skimmers-skim-tank-separadores-microburbujas>

**Figura 11. *Catch tank* de la planta Río Chiquito.**



- g) Bahías para carrotanques: Son los sitios dispuestos para el cargue y descargue de carrotanques de la planta Río Chiquito. Si se realiza un procedimiento de descargue, la bahía está diseñada con un sobreelevado apto para dar una inclinación a la parte trasera del carrotanque, con el fin de vaciar la carga de crudo en su mayor totalidad.

En cuanto al cargue, la bahía está dispuesta en forma plana en su totalidad, lo cual beneficia un llenado homogéneo y óptimo del carrotanque (ver imagen 14).

- h) *By Pass*: Es un juego de 4 válvulas, cuenta 2 de entrada y 2 de salida, básicamente es usado cuando se presenta un taponamiento de una de las líneas, entonces se habilita un solo paso del fluido y se bloquea el otro hasta solucionar el problema. También se utiliza para la limpieza de filtros; mientras se está descargando un vehículo, se habilita un solo paso del fluido por una sola línea, se bloquea una válvula de entrada y la siguiente de salida para poder realizar esta limpieza. Luego se realiza la misma operación para la limpieza del otro filtro (ver imagen 15).

**Figura 12. Sobreelevado de cemento para carrotanques.**



**Figura 13. Vista lateral para sobreelevado de concreto.**



**Figura 14. Bahía plana**



- i) Casetas de control: Son garitas ubicadas en la planta con el fin de mantener el control de algunos procedimientos en determinados puntos. Una caseta de registro es asignada como portería, mientras que enfrente de cada módulo, sobre la bahía se ubica una caseta elevada que permite que un operario pueda desde allí inspeccionar el cargue o descargue de los carrotanques con crudo.
  
- j) Vías de transporte: La planta de *blending* Río Chiquito, fue construida en una zona rural, por ende, las vías de acceso debieron ser adecuadas para el paso de tráfico pesado y ambiguamente realizar una inversión de tipo social para la comunidad de esta área, contribuyendo en la mejora de sus vías.
  
- k) Protección contra rayos: Respecto a los rayos según la norma NTC 4552<sup>6</sup>, no existe medio de evitarlos pero sí medidas para mitigar su incidencia y ofrecer una mayor seguridad a las personas y a los equipos eléctricos y electrónicos en cuestión. Por lo tanto las precauciones de protección se dirigen hacia los efectos secundarios y a las consecuencias de una descarga eléctrica atmosférica.

La protección dentro de la planta se encuentra en las siguientes áreas: zona de bombas centrífugas, zona de bombas de tornillo, cargadero este, cargadero oeste, zona de tanques, zona de compresores, zona de generadores y por último la zona de cuarto de control

---

<sup>6</sup> Norma para la protección contra rayos, principios generales.

**Figura 15. By Pass**



- l) Protección contra incendios: La estación por manejar crudo y gases combustibles, debe contar con una protección contra incendios.

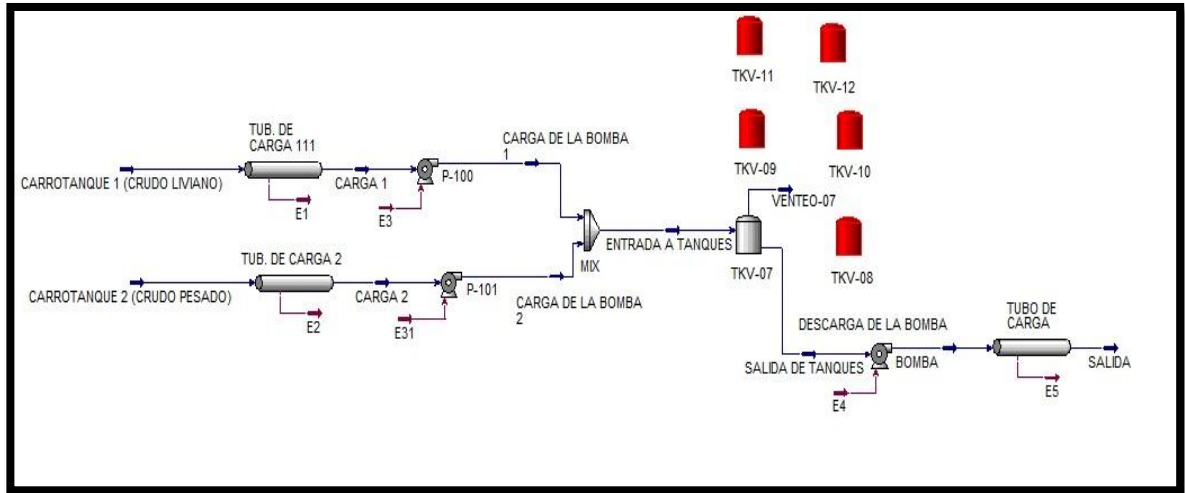
### **3.3 VERIFICACIÓN DE LOS BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA USANDO UN SIMULADOR**

Para realizar este balance, se utiliza el simulador HYSYS de la empresa Aspen Tech; los crudos usados en la simulación están caracterizados en base al crudo Maracas (liviano) y al crudo Tua (pesado) (ver ANEXO 8 y 9).

Para el balance se realiza la simulación del módulo dos con la respectiva tubería de 6 pulgadas para el descargue y 4 pulgadas para el cargue de crudo mezclado así como las bomba centrífuga y la bomba tornillo, ambas con una potencia de 25 HP (Horse Power). Se obtiene de esta simulación un total de 11990 barriles de los

cuales se descargan 3600 de crudo liviano y 8400 de crudo pesado el cual pasa a los tanques de mezclados simulados en el ejercicio de aplicación en el tanque número 7, luego de allí pasan a la bomba centrífuga para proceder al cargue.

**Figura 16. Esquema del módulo dos de la planta Río Chiquito en el simulador Aspen HYSYS**



Con la simulación se comprueba que con el diámetro de la tubería el fluido esperado es obtenido, entre el módulo uno y el módulo tres, se producen los 11990 barriles.

A continuación se muestran los parámetros de la simulación:

En la imagen N° 17, se observan las condiciones a las cuales está llegando el crudo liviano a la planta para efectuar el proceso de descargue. Este llega con una gravedad API de 38.8°.

El carrotanque de crudo pesado llega a la planta con una gravedad API de 13.3°; se proceden a descargar 8400 barriles, lo cual equivale a un estimado de 35 carrotanques.

**Figura 17. Condiciones del crudo liviano (Maracas) descargado**

Material Stream: CARROTANQUE 1 (CRUDO L)			Fluid Package:	Basis-1
			Property Package:	Peng-Robinson
CONDITIONS				
	Overall	Liquid Phase		
Vapour / Phase Fraction	0.0000	1.0000		
Temperature: (F)	140.0 *	140.0		
Pressure: (psia)	100.0 *	100.0		
Molar Flow (lbmole/hr)	174.7	174.7		
Mass Flow (lb/hr)	3.028e+004	3.028e+004		
Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)	2500	2500		
Molar Enthalpy (Btu/lbmole)	-1.551e+005	-1.551e+005		
Molar Entropy (Btu/lbmole-F)	61.86	61.86		
Heat Flow (Btu/hr)	-2.710e+007	-2.710e+007		
Liq Vol Flow @Std Cond (barrel/day)	2500 *	2500		

**Figura 18. Condiciones del crudo pesado (TUA) descargado**

Material Stream: CARROTANQUE 2 (CRUDO P)			Fluid Package:	Basis-1
			Property Package:	Peng-Robinson
CONDITIONS				
	Overall	Vapour Phase	Liquid Phase	
Vapour / Phase Fraction	0.0597	0.0597	0.9403	
Temperature: (F)	210.0 *	210.0	210.0	
Pressure: (psia)	100.0 *	100.0	100.0	
Molar Flow (lbmole/hr)	143.7	8.578	135.2	
Mass Flow (lb/hr)	3.430e+004	282.3	3.402e+004	
Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)	2500	31.13	2469	
Molar Enthalpy (Btu/lbmole)	-2.073e+005	-2.424e+004	-2.189e+005	
Molar Entropy (Btu/lbmole-F)	84.24	4.216	89.32	
Heat Flow (Btu/hr)	-2.979e+007	-2.079e+005	-2.958e+007	
Liq Vol Flow @Std Cond (barrel/day)	2500 *	31.62	2477	

La tubería de descarga que se implementó en la simulación del balance de masa, fue para el descargue de 6" como lo muestra la imagen N° 19. Además de esto se cuenta con los dos tipos de bomba como se describió anteriormente dicho proceso.

Figura 19. Tubería de descarga de diámetro 6”

Pipe Segment: TUB. DE CARGA 1 (continued)			
User Variables			
SIZING			
Segment Number		1	
Fitting/Pipe		Pipe	
Distance (ft)		164.0 *	
Elevation Change (ft)		0.0000	
Schedule		Schedule 40	
Nominal Diameter (in)		6.000	
Outer Diameter (in)		6.625	
Inner Diameter (in)		6.065	
Material		Mild Steel	
Roughness (ft)		1.500e-004	
Conductivity (Btu/hr-ft-F)		26.00	
Increments		5	
Fitting No		---	
HEAT TRANSFER			
Heat Loss:	5.223e+005 Btu/hr	Ambient Temp:	80.00 F * Ov

Figura 20. Especificaciones de la bomba luego de la corrida en el simulador

Pump: BOMBA			
CONNECTIONS			
Inlet Stream			
Stream Name	From Unit Operation		
SALIDA DE TANQUES	Tank		TKV-07
Outlet Stream			
Stream Name	To Unit Operation		
DESCARGA DE LA BOMBA	Pipe Segment		TUBERÍA DE CARGUE
Energy Stream			
Stream Name	From Unit Operation		
E3			
PARAMETERS			
Adiabatic Efficiency (%)	75.00	Delta P:	200.1 psi Duty: 23.76 hp
CURVES			
Delta P:	200.1 psi	Duty:	23.76 hp
Coefficient A:	0.0000 *	Coefficient B:	0.0000 * Coefficient C: 0.0000 *
<b>Parameter Preferences</b>	Units for Delta P:	ft	Flow Basis ActVolFlow Units for Flow: barrel/day

Figura 21. Tubería de descarga de diámetro 4”

Pipe Segment: TUBERÍA DE CARGUE (continued)			
User Variables			
SIZING			
Segment Number		1	
Fitting/Pipe		Pipe	
Distance (ft)		656.2 *	
Elevation Change (ft)		0.0000	
Schedule		Schedule 40	
Nominal Diameter (in)		4.000	
Outer Diameter (in)		4.500	
Inner Diameter (in)		4.026	
Material		Mild Steel	
Roughness (ft)		1.500e-004	
Conductivity (Btu/hr-ft-F)		26.00	
Increments		5	
Fitting No		---	

La simulación arroja un crudo con una gravedad API de 31,7°; fue calculada de la siguiente manera:

Datos:

- Densidad del crudo mezclado: 54,03 lb/Ft<sup>3</sup>
- Densidad del agua estándar 8,33 lb/galón

1) Procedemos a cambiar las unidades de la densidad

$$\rho = 54,03 \frac{lb}{Ft^3} * 5,615 \frac{Ft^3}{Bl} * \frac{1}{42} \frac{Bl}{galones} = 7,2233 \frac{lb}{galones}$$

2) Se halla la gravedad específica:

$$GE = \frac{\rho_o}{\rho_w}$$

$$GE = \frac{7,2233^{lb}_{gal}}{8,33^{lb}_{gal}} = 0.8671$$

3) Con la gravedad específica hallamos la gravedad API

$$API = \frac{141,5}{GE} - 131,5$$

$$API = \frac{141,5}{0,8671} - 131,5 = 31.7 \text{ } ^\circ API$$

En las imágenes a continuación se establecen las características con las que sale este crudo del módulo dos.

**Figura 22. Condiciones del crudo de despacho producto de la mezcla de Maracas y TAU**

<b>Material Stream: CRUDO PARA DESPACHO</b>			Fluid Package:	Basis-1
			Property Package:	Peng-Robinson
<b>CONDITIONS</b>				
	Overall	Liquid Phase		
Vapour / Phase Fraction	0.0000	1.0000		
Temperature: (F)	113.0	113.0		
Pressure: (psia)	295.2	295.2		
Molar Flow (lbmole/hr)	318.4	318.4		
Mass Flow (lb/hr)	6.458e+004	6.458e+004		
Std Ideal Liq Vol Flow (barrel/day)	5000	5000		
Molar Enthalpy (Btu/lbmole)	-1.846e+005	-1.846e+005		
Molar Entropy (Btu/lbmole-F)	63.31	63.31		
Heat Flow (Btu/hr)	-5.879e+007	-5.879e+007		
Liq Vol Flow @Std Cond (barrel/day)	4990 *	4990		

**Figura 23. Propiedades del crudo de despacho**

	Overall	Liquid Phase
Molecular Weight	202.8	202.8
Molar Density (lbmole/ft3)	0.2664	0.2664
Mass Density (lb/ft3)	54.03	54.03
Act. Volume Flow (barrel/day)	5109	5109
Mass Enthalpy (Btu/lb)	-910.4	-910.4
Mass Entropy (Btu/lb-F)	0.3122	0.3122
Heat Capacity (Btu/lbmole-F)	90.88	90.88
Mass Heat Capacity (Btu/lb-F)	0.4481	0.4481
LHV Molar Basis (Std) (Btu/lbmole)	---	---
LHV Mass Basis (Std) (Btu/lb)	---	---
Phase Fraction [Vol. Basis]	0.0000	1.000
Phase Fraction [Mass Basis]	0.0000	1.000
Partial Pressure of CO2 (psia)	0.0000	---
Cost Based on Flow (Cost/s)	0.0000	0.0000
Act. Gas Flow (ACFM)	---	---
Avg. Liq. Density (lbmole/ft3)	0.2722	0.2722
Specific Heat (Btu/lbmole-F)	90.88	90.88
Std. Gas Flow (MMSCFD)	2.900	2.900
Std. Ideal Liq. Mass Density (lb/ft3)	55.21	55.21
Act. Liq. Flow (USGPM)	149.0	149.0
Z Factor	0.1803	0.1803
Watson K	11.22	11.22
User Property	---	---
Partial Pressure of H2S (psia)	0.0000	---
Cp/(Cp - R)	1.022	1.022
Cp/Cv	1.134	1.134
Heat of Vap. (Btu/lbmole)	1.656e+005	---
Kinematic Viscosity (cSt)	12.85	12.85
Liq. Mass Density (Std. Cond) (lb/ft3)	55.32	55.32
Liq. Vol. Flow (Std. Cond) (barrel/day)	4990	4990
Liquid Fraction	1.000	1.000
Molar Volume (ft3/lbmole)	3.754	3.754
Mass Heat of Vap. (Btu/lb)	816.6	---
Phase Fraction [Molar Basis]	0.0000	1.0000
Surface Tension (dyne/cm)	23.12	23.12
Thermal Conductivity (Btu/hr-ft-F)	6.419e-002	6.419e-002
Viscosity (cP)	11.12	11.12
Cv (Semi-Ideal) (Btu/lbmole-F)	88.90	88.90

En el balance de materia realizado a través del simulador *Hysys*, al tener en cuenta el fluido que entra en comparación al fluido que sale, se puede notar una diferencia equivalente a los 10 barriles. Esto se relaciona a las distintas pérdidas que pueden existir en la planta de *blending* enlazadas a distintos factores como el encogimiento de mezcla, pérdidas por evaporación, pérdidas por corrosión o por errores operativos.

- Pérdidas por encogimiento de mezcla: Relacionadas a las mermas por contracciones volumétricas en procesos de mezcla de hidrocarburos pesados con crudos livianos con el fin de facilitar su manejo, aprovechamiento de los mismos e incremento de rentabilidad al realizar dicha dilución. En la planta de *blending*, al realizar la mezcla se presenta un comportamiento no ideal, en el que las moléculas más pequeñas del crudo liviano se ubican en los espacios vacíos que las moléculas de hidrocarburos pesados tienen. Para el cálculo de estas pérdidas, se emplea el método de API para predicción de la densidad<sup>7</sup>.

$$S = (2,14 * 10^{-4}) * C^{-0,0704} * G^{1,76}$$

Los parámetros que describen la ecuación son:

$S$  = Volumen encogido en porcentaje.

$C$  = Concentración en porcentaje de volumen del componente liviano.

$G$  = Diferencia de gravedades API de crudo liviano y crudo pesado que interfieren en la mezcla.

En la planta de blending Río Chiquito se aplica entonces este cálculo de encogimiento de mezcla. Siendo que para capacidad total de la planta (considerando eficiencia de 100%), diariamente entran alrededor de los 12000 barriles de crudo entre pesado y liviano, y que salen cerca de 11990 barriles mezclados, tenemos que a la contracción volumétrica se asocian 4,92 barriles.

Se considera que los factores adicionales como los que se presentan a continuación, junto con el argumento anterior ocasionan la totalidad de las pérdidas. (Ver anexo 15)

---

<sup>7</sup> OROZCO Chinome Lina María. "Adaptación de modelos de mezclas multicomponentes de crudos pesados en Colombia". Trabajo de pregrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2011.

- Pérdidas por evaporación: En la planta Río Chiquito las pérdidas que se asocian a la evaporación son el resultado de operaciones como llenado y vaciado de tanques.
- Pérdidas por corrosión: Las pérdidas por corrosión en la planta son consideradas insignificantes pues los equipos y accesorios son relativamente nuevos y tienen poco tiempo de uso en operación.
- Pérdidas por errores operativos: A los errores operativos se relacionan las pérdidas ocasionadas en el cargue y descargue de crudo en los carrotanques.

### **3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS**

#### **Modulo uno:**

El carrotanque que va a ser descargado se pone en posición, al inicio del proceso se observa un juego de válvulas que permiten direccionar el fluido dependiendo si este es pesado o liviano; de ser pesado el fluido seguirá el trayecto hacia las bombas de tipo tornillo las cuales se tienen en la planta solo para este tipo de fluido.

De ser un crudo liviano se descargará por medio de las bombas centrífugas, y las válvulas empleadas en dicho proceso son de 6" (pulgadas). El crudo pesado ingresará a cualquiera de los cuatro tanques disponibles (numerados del tres al seis), al igual que el liviano, una vez hecho el proceso anterior, se mezclaran en proporción uno a uno hasta alcanzar el límite de capacidad del tanque que son quinientos barriles; luego de este proceso que demora alrededor de los 25 minutos, se procede a cargar el crudo por medio de las bombas centrífugas (ver ANEXO 1) y las válvulas de 4". Si el crudo diluido al momento del cargue no

cumple con las condiciones de requeridas por el cliente, es sometido a un proceso de recirculación nuevamente para alcanzar las propiedades esperadas.

En el módulo uno se encuentran dos compresores, uno de ellos se usa para la instrumentación de las alarmas en los tanques para alto nivel, funciona con un instrumento llamado presóstato\* el cual está seteado\*\* a una presión para hacerlo cargar cuando la presión de la línea baja, y el compresor arranca y la vuelve a su nivel (carga hasta 120 psi y arranca cuando baja a los 80 psi). El segundo compresor se usa para alimentar una bomba wilden o bomba pulmón para el drenaje del agua que algunos vehículos presentan en el crudo. Este compresor es un motor y funciona dándole encendido o estárter con una llave y revolucionándolo para que aumente la potencia del motor y así aumente la fuerza de succión de aire.

Por otra parte también se encuentra un *catch tank* o *gauge tank* el cual es utilizado para el almacenamiento de agua de producción. En este caso en la operación de la planta se aprovecha para almacenar el agua y algunos fluidos industriales que son drenados a los vehículos o incluso de la misma operación; luego al evidenciar un alto nivel se solicita un camión vacío para desocuparlo y dejarlo nuevamente en funcionamiento. Estos fluidos son transportados a una planta de tratamiento externa (ver ANEXO 10).

---

\* Presóstato, dispositivo que cierra o abre un circuito eléctrico al detectar cambios de presión en sistemas neumáticos o hidráulicos. También es conocido como interruptor de presión. Están diseñados para ser utilizados en puntos donde es necesario realizar el control de presión y/o tener señal de alarma de la presión de proceso en donde se requiera un equipo estanco o bien en las más exigentes donde se requiera un equipo antiexplosivo. En cuanto a los materiales que estén en contacto con el proceso pueden ser de bronce para los casos en que el proceso lo permita o de acero inoxidable para condiciones de proceso más agresivas; ECURED; <http://www.ecured.cu/index.php/Presostato>

\*\* Setear: Consiste en establecer la configuración de un programa o componente físico para que funcione correctamente.

### **Módulo dos y módulo tres:**

El diagrama de flujo de procesos de todos los módulos es exactamente igual y cualquier tanque puede ser de almacenamiento o mezcla, esto depende de la disponibilidad del mismo; cabe recordar que el módulo numero dos cuenta con 6 tanques numerados del siete al doce y el módulo tres con cuatro tanques numerados del trece al dieciséis (ver ANEXOS 11 y 12).

### **3.5 CRITERIOS DE DISEÑO**

Acorde al proceso de *blending*, es posible citar una serie de facilidades de superficie que pueden ser instaladas para llevar a cabo la operación. Estos mismos son requeridos o no, de acuerdo a múltiples factores como la capacidad de producción de la planta entre otras limitaciones técnicas.

Para la planta de Río Chiquito, cabe destacar los siguientes equipos:

- a) **Generadores eléctricos:** Para la planta de *blending* de Río Chiquito, se instalan dos generadores de tipo manual, los cuales son capaces de producir y almacenar energía eléctrica en base al uso de un alternador y un motor, siendo un acumulador el que se encarga de dar inicio al proceso, permitiéndoles trabajar simultáneamente.
- b) **Bomba centrífuga:** Tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba, que por el contorno su forma lo conduce hacia las tuberías de salida.

Esta bomba, usualmente es usada para la descarga de crudos livianos en la planta, sirviendo a su vez para el cargue de crudo mezclado. La potencia de trabajo es de 25 HP, un voltaje de 220/440 V, trabajando a 1755 RPM para una capacidad de 450 GPM.

- c) Bomba tornillo: Es un tipo de bomba hidráulica considerada de desplazamiento positivo, Esta bomba utiliza un tornillo helicoidal excéntrico que se mueve dentro de una camisa y hace fluir el líquido entre el tornillo y la camisa.

Esta bomba es usada para el descargue de crudos pesados, pues permite ser usada en productos con baja viscosidad que presenten apenas flujo, con o sin sólidos, sensibles al cizallamiento, pegajosos o abrasivos. Este equipo posee un diseño compacto, bridado y robusto. Maneja una potencia de trabajo cercana a los 20 HP, un voltaje de 220/440 V, 310 RPM para una capacidad de 250 GPM.

- d) Compresores: Son máquinas o dispositivos que toma aire con unas determinadas condiciones y lo impulsan a una presión superior a la de entrada<sup>8</sup>.
- e) Catch tank: Equipo tipo tanque atmosférico con fin de drenaje. Dimensionalmente se le asigna un ancho de 6 Ft, un alto de 6 Ft y un largo de 16 Ft
- f) Líneas de Flujo: Tubería utilizada Para conducir Uno o más fluidos entre las diferentes instalaciones de la planta.
- g) Tanques: Los tanques de la planta están diseñados con techo cónico, estos tanques son diseñados con el fin de almacenar productos con presión de vapor

---

<sup>8</sup> Gillo Compresores; <http://gilo.cl/?p=103>

relativamente baja, la presión de vapor se conoce como la presión que ejerce los vapores de un producto sobre las paredes internas de un recipiente, a mayor dificultad de evaporación, menor cantidad de vapor y por lo tanto menor presión se ejerce sobre las paredes de dicho recipiente por lo tanto los productos almacenados en estos tanques no tienen la tendencia a producir vapores a temperatura ambiente<sup>9</sup>.

En la planta en mención, cada tanque tiene 24 Ft de altura, 12,2 Ft de diámetro y manejan una capacidad de 500 Bbls de crudo.

- h) Válvulas: Nombre genérico para un dispositivo con características móviles que permite abrir y cerrar una vía de circulación con el fin de permitir, prevenir o controlar el flujo de fluidos<sup>10</sup>.
- i) Manómetro: Dispositivos utilizados para medir la presión de los fluidos y así poder entregar el diferencial de presión entre la que tiene el fluido y la que se programa en particular.
- j) Laboratorio: En la planta de *blending* Río Chiquito, se adecua un laboratorio donde son evaluadas las muestras realizadas a los crudos mezclados que serán despachados. Al mismo tiempo al aceite que llega a la planta cargado en carrotanques, antes de realizar la descarga de los vehículos, se realiza un ladronero que es valorado en esta unidad de control, dando aval para dar inicio a la descarga.

Este laboratorio está diseñado para realizar las siguientes pruebas:

- BS&W por el método de agua libre

---

<sup>9</sup> GÓMEZ HERNÁNDEZ Adriana; CASTILLO Julie Ximena; Tesis de grado; Definición de estándares operativos para tanques atmosféricos y vasijas de almacenamiento de líquidos a presión; Capítulo I, Página 17; Universidad Industrial de Santander; 2007

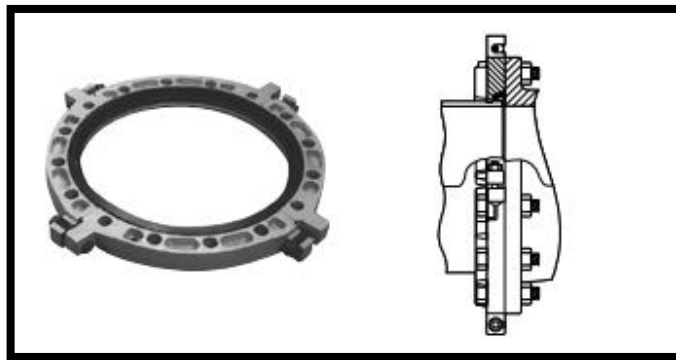
<sup>10</sup> Compañía especialista en vapor; <http://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/types-of-valves.html>

- BS&W por el método centrifuga
- Determinación de agua por el método de Karl Fisher
- Determinación de gravedad API por el método del hidrómetro
- Determinación de la salinidad del crudo
- Determinación del contenido de arena en el crudo
- Determinación de cloruros
- Determinación de pH
- Determinación de temperatura

k) Conectores: Son accesorios que permiten dar cambios de dirección a la ruta de las tuberías, sin afectar sus diámetros ni tampoco el paso del fluido a través de estas.

En la planta de *blending* de Río Chiquito existen dos tipos de adaptadores de marca Vic-Flange<sup>11</sup>, el estilo 741 está diseñado para incorporar directamente componentes bridados con patrones de orificios de pernos en un sistema de tuberías ranuradas y el estilo 743 permite la conexión directa de componentes bridados a un sistema ranurado.

**Figura 24. Estilo 741**



<sup>11</sup>Vic-Flange es un tipo de adaptadores de la empresa VICTAULIC COMPANY. [www.victaulic.com](http://www.victaulic.com)

**Figura 25. Estilo 743**



### **3.6 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA**

La distribución de una planta es un concepto relacionado con la disposición de las máquinas, los departamentos, las estaciones de trabajo, las áreas de almacenamiento, los pasillos y los espacios comunes dentro de una instalación productiva propuesta o ya existente. La finalidad fundamental de la distribución en planta consiste en organizar estos elementos de manera que se asegure la fluidez del flujo de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema productivo<sup>12</sup>.

Las características de una adecuada Distribución de Planta son las siguientes:

- a) Reducir los costos de materiales
- b) Repartir el espacio de manera eficiente
- c) Aprovecha la mano de obra de la mejor manera
- d) Observar posibles taponamientos en el desplazamiento por la planta
- e) Facilitar la comunicación e interacción entre los trabajadores, supervisores y clientes.

---

<sup>12</sup> UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA; RODRÍGUEZ BECERRA Fredy. Taller de ingeniería de métodos. [en línea] disponible en: <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4100002/lecciones/taxonomia/layout.htm>

- f) Incorporar medidas de seguridad
- g) Control visual de las operaciones o actividades
- h) Proporcionar la flexibilidad necesaria para adaptarse a las condiciones cambiantes.

Una mala decisión respecto a la distribución de la planta pueden afectar considerablemente y de manera negativa, la eficiencia con la que los operarios desempeñen sus tareas, la velocidad a la que se pueden generar los productos, la dificultad de automatizar el sistema, y la capacidad de respuesta del sistema productivo ante los cambios en el esquema o en el volumen de la demanda que se necesite en determinado momento. la planimetría de la planta se puede observar en el ANEXO 13. En la distribución de la planta de *blending* de Río Chiquito, se encuentran las siguientes obras civiles, numeradas de acuerdo a su ubicación:

**Tabla 3. Equipos en la planta de blending Río Chiquito**

<b>LISTA DE OBRAS CIVILES</b>	
<b>Nº</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>1</b>	Cimentación módulos área de tanques
<b>2</b>	Placa de cimentación área de generación
<b>3</b>	Cimentación y placa de contrapiso descargader/cargadero
<b>4</b>	Placa y dique tanque diesel
<b>5</b>	Placa cimentación bombas tornillo
<b>6</b>	Placa cimentación bombas centrifugas
<b>7</b>	Placa catch tank
<b>8</b>	Placa compresores de aire
<b>9</b>	Skimmer tank
<b>10</b>	Manejo de aguas lluvia

### 3.7 ANÁLISIS FINANCIERO

Este análisis tiene como finalidad comparar el gasto que se genera en la planta de *blending* al utilizar como medio de transporte carrotanques versus el mismo proceso, con la diferencia de utilizar como medio de transporte un oleoducto y así poder evaluar la rentabilidad de las dos situaciones anteriormente expuestas.

Cabe resaltar que esta comparación, es un ejercicio académico hecho por parte de los autores, dado que la empresa *CPP TESTING*, tiene cláusulas de confidencialidad las cuales impidieron el acceso a la información real de la empresa en su gran mayoría.

Se plantea una producción de ocho mil barriles diarios, de los cuales cinco mil hacen parte del sistema de pago utilizado por la empresa, llamado Take Or Pay, en el cual para este caso en específico, se fija la cantidad mencionada (5000 Bbls) y se da un valor estándar para dicho monto; como se sabe que la producción por razones externas puede incrementarse, se establece una tarifa por cada barril adicional fijada entre cliente y vendedor a términos de mutuo acuerdo, en caso tal de que el cliente no cumpla con el mínimo que acepta la planta, deberá pagar lo presupuestado o pagar la multa que ello implique.

La tarifa para los primeros cinco mil barriles es de ciento cincuenta mil quinientos pesos y la tarifa adicional, queda en ciento veinte mil cuatrocientos pesos, generando el total de ingresos mensual durante un año para este análisis.

Para establecer todos los egresos de la planta de *blending* de Río Chiquito, se inicia con la realización de un recuento de los gastos de nómina y gastos administrativos de funcionamiento para poder hallar un total de gastos administrativos centrales.

En el proceso del estudio financiero, se tienen en cuenta nóminas de campo así como de oficina, además se realiza un presupuesto del costo del personal; cabe mencionar que en la parte operativa se manejan tres cuadrillas conformadas cada una por doce personas; dos equipos de personas estarán en turno de ocho horas continuas y el equipo restante tendrán su tiempo de descanso. Por parte del área administrativa, estos mantienen operando a diario y son alrededor de doce a quince personas.

Con el fin de estar muy cerca de la realidad, se tiene en cuenta todo el margen legal de pago al que está sometida una empresa constituida, con esto se incluyen costos de seguros, carga prestacional y parafiscal, indemnizaciones laborales entre otras que se muestran a continuación.

Existen ítems los cuales no varían a través de los meses puesto que se realiza un desembolso del total en algún momento del año, en otros casos, se distribuye el mismo monto en los doce meses para amortiguar el pago que se deba hacer como por ejemplo los gastos de adecuaciones e instalaciones, es decir, no todos los meses se pueden requerir mejoras, pero se tiene un presupuesto que dado el caso de necesitarse se encuentra libre y disponible para su uso.

Se incluyen todos los pagos de ley como lo son auxilios de transporte, pago por recargos u horas extras, bonificaciones y ayudas para la alimentación y estadía.

Luego de analizar todo el material de personal, la empresa tiene gastos en equipos transporte y mantenimiento de los mismos, incluidos en este análisis posteriormente

**Tabla 4. Balance de ingresos para la planta (Ejercicio Académico)**

<b>INGRESOS</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
Producción de bpd de <i>blending</i>	5000	5000	5000	5000	5000
No días del mes	31	28	31	30	31
Tarifa para los primeros 5000 BODP	150.500	150.500	150.500	150.500	150.500
Take Or Pay (5000 bopd)	23.327.500.000	21.070.000.000	23.327.500.000	22.575.000.000	23.327.500.000
Tarifa por cada barril adicional	120.400	120.400	120.400	120.400	120.400
BOPD promedio Adicionales a los 8000 bopd	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Valor por Barriles adicionales a los 8000 bopd	11.197.200.000	10.113.600.000	11.197.200.000	10.836.000.000	11.197.200.000
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>34.524.700.000</b>	<b>31.183.600.000</b>	<b>34.524.700.000</b>	<b>33.411.000.000</b>	<b>34.524.700.000</b>

<b>INGRESOS</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Producción de bpd de <i>blending</i>	5000	5000	5000	5000	5000
No días del mes	30	31	31	30	31
Tarifa para los primeros 5000 BODP	150500	150500	150500	150.500	150.500
Take Or Pay (5000 bopd)	22575000000	23327500000	23327500000	-00	-00
Tarifa por cada barril adicional	120400	120400	120400	120.400	120.400
BOPD promedio Adicionales a los 8000 bopd	3000	3000	3000	3.000	3.000
Valor por Barriles adicionales a los 8000 bopd	10836000000	11197200000	11197200000	10.836.000.000	11.197.200.000
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>33411000000</b>	<b>34524700000</b>	<b>34524700000</b>	<b>10.836.000.000</b>	<b>11.197.200.000</b>

<b>INGRESOS</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Producción de bpd de <i>blending</i>	5000	5000	
No días del mes	30	31	365
Tarifa para los primeros 5000 BODP	150500	150500	
Take Or Pay (5000 bopd)	22575000000	23327500000	2,74663E+11
Tarifa por cada barril adicional	120400	120400	
BOPD promedio Adicionales a los 8000 bopd	3000	3000	
Valor por Barriles adicionales a los 8000 bopd	10836000000	11197200000	131838000000,00
<b>TOTAL INGRESOS</b>	<b>33411000000</b>	<b>34524700000</b>	<b>406500500000,00</b>

**Tabla 5. Gastos y costos del personal administrativo**

	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
<b>GASTOS Y COSTOS</b>					
Salario básico	144.000.000	144.000.000	144.000.000	144.000.000	144.000.000
Auxilio de Transporte	2.604.384	2.604.384	2.604.384	2.604.384	2.604.384
Bonificaciones	7.248.384	7.831.075	7.789.886	9.592.399	10.378.697
Indemnizaciones laborales	305.096.382	606.727	603.536	743.189	804.109
Carga prestacional y Parafiscal	12.960.000	12.960.000	12.960.000	12.960.000	12.960.000
Costos de Dotación y Elementos de protección Personal	-	-	9.695.344	-	-
Costos de Exámenes Médicos	-	-	11.149.646	-	-
Gastos en Actividades de Bienestar al personal	1.500.000	974.661	969.534	1.193.876	1.291.740
Gastos de viaje (Transportes y Alimentación)	7.431.740	7.431.740	7.431.740	7.431.740	7.431.740
<b>Gastos de Nómina</b>	<b>480.840.890</b>	<b>176.408.588</b>	<b>197.204.071</b>	<b>178.525.589</b>	<b>179.470.670</b>

	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
<b>GASTOS Y COSTOS</b>					
Salario básico	144.000.000	144.000.000	144.000.000	144.000.000	144.000.000
Auxilio de Transporte	2.604.384	2.604.384	2.604.384	2.604.384	2.604.384
Bonificaciones	11.181.906	14.846.246	14.843.807	14.523.517	14.846.246
Indemnizaciones laborales	866.339	1.150.241	1.150.052	1.125.237	1.150.241
Carga prestacional y Parafiscal	12.960.000	12.960.000	12.960.000	12.960.000	12.960.000
Costos de Dotación y Elementos de protección Personal	-	-	-	-	-
Costos de Exámenes Médicos	-	-	-	-	-
Gastos en Actividades de Bienestar al personal	1.391.708	1.847.774	1.847.470	1.807.607	1.847.774
Gastos de viaje (Transportes y Alimentación)	7.431.740	7.431.740	7.431.740	7.431.740	7.431.740
<b>Gastos de Nómina</b>	<b>180.436.077</b>	<b>184.840.384</b>	<b>184.837.453</b>	<b>184.452.485</b>	<b>184.840.384</b>

	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
<b>GASTOS Y COSTOS</b>			
Salario básico	144.000.000	144.000.000	288.000.000
Auxilio de Transporte	2.604.384	2.604.384	5.208.768
Bonificaciones	14.521.100	14.846.246	29.367.345
Indemnizaciones laborales	1.125.050	1.150.241	2.275.291
Carga prestacional y Parafiscal	12.960.000	12.960.000	25.920.000
Costos de Dotación y Elementos de protección Personal	-	-	-
Costos de Exámenes Médicos	-	-	-
Gastos en Actividades de Bienestar al personal	1.807.306	27.716.605	29.523.911
Gastos de viaje (Transportes y Alimentación)	7.431.740	7.431.740	14.863.480
<b>Gastos de Nómina</b>	<b>184.449.580</b>	<b>210.709.216</b>	<b>395.158.795</b>

**Tabla 6. Gastos de funcionamiento**

<b>GASTOS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
Honorarios	412.691	1.656.923	1.648.209	2.029.590	2.195.957
Arrendamientos	51.305.749	13.099.442	13.030.543	16.632.972	17.996.393
Contribuciones y Afiliaciones	-	79.532.328	-	-	-
Servicios Públicos incluidos Telefonía e Internet	2.044.845	2.044.845	2.044.845	2.044.845	2.044.845
Aseo y Vigilancia	1.212.296	1.431.552	1.424.023	1.753.529	1.897.268
Seguros	825.382	812.217	323.178	1.989.079	2.105.290
Gastos Legales	522.742	4.936.023	2.246.734	151.224	490.861
Mantenimiento y Reparaciones	51.448.800	51.448.800	51.448.800	51.448.800	51.448.800
Gastos de Higiene y Seguridad Industrial	880.408	1.039.638	1.034.170	1.273.468	1.377.856
Papelería	5.461.278	6.010.041	5.978.080	736.224	7.965.703
Elementos de Aseo y Cafetería	2.145.099	2.145.099	2.145.099	2.145.099	2.145.099
Gastos de Gravámenes Financieros, Transacciones, transferencias bancarias y otras	31.483.412	27.659.926	31.771.584	31.252.244	32.415.184
Gastos de Representación	3.136.452	1.851.856	1.842.115	2.268.365	7.362.916
<b>Gastos administrativos de funcionamiento</b>	<b>150.879.154</b>	<b>193.668.691</b>	<b>114.937.380</b>	<b>113.725.441</b>	<b>129.446.172</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS CENTRALES</b>	<b>631.720.044</b>	<b>370.077.278</b>	<b>312.141.452</b>	<b>292.251.030</b>	<b>308.916.842</b>

<b>GASTOS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Honorarios	2.365.903	3.141.215	3.140.699	3.072.931	3.141.215
Arrendamientos	12.926.090	17.162.004	25.738.776	16.788.935	25.743.005
Contribuciones y Afiliaciones	-	-	-	-	-
Servicios Públicos incluidos Telefonía e Internet	2.044.845	2.044.845	2.044.845	2.044.845	2.044.845
Aseo y Vigilancia	2.044.098	2.713.954	2.713.508	2.654.958	2.713.954

<b>GASTOS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Seguros	2.319.510	3.079.602	307.912	301.268	307.962
Gastos Legales	440.707	842.585	748.841	641.098	702.154
Mantenimiento y Reparaciones	51.448.800	51.448.800	51.448.800	51.448.800	51.448.800
Gastos de Higiene y Seguridad Industrial	1.484.488	1.970.959	492.658.697	1.446.085	1.478.219
Papelería	858.220	1.139.460	1.139.273	1.114.691	1.139.460
Elementos de Aseo y Cafetería	2.145.099	2.145.099	2.145.099	2.145.099	2.145.099
Gastos de Gravámenes Financieros, Transacciones, transferencias bancarias y otras	31.613.103	33.036.631	33.036.631	32.002.930	33.036.631
Gastos de Representación	2.644.244	3.510.770	7.020.386	3.434.453	3.510.770
<b>Gastos administrativos de funcionamiento</b>	<b>112.335.108</b>	<b>122.235.924</b>	<b>622.143.469</b>	<b>117.096.094</b>	<b>127.412.115</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS CENTRALES</b>	<b>292.771.185</b>	<b>307.076.308</b>	<b>806.980.921</b>	<b>301.548.579</b>	<b>312.252.500</b>

<b>GASTOS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Honorarios	3.072.420	3.141.215	6.213.635
Arrendamientos	16.786.141	17.162.004	33.948.145
Contribuciones y Afiliaciones	-	-	-
Servicios Públicos incluidos Telefonía e Internet	2.044.845	2.044.845	4.089.690
Aseo y Vigilancia	2.654.516	2.713.954	5.368.470
Seguros	301.218	3.079.602	3.380.820
Gastos Legales	824.131	608.533	1.432.665
Mantenimiento y Reparaciones	51.448.800	51.448.800	102.897.600
Gastos de Higiene y Seguridad Industrial	1.445.845	1.478.219	2.924.064
Papelería	1.114.505	1.139.460	2.253.966
Elementos de Aseo y Cafetería	2.145.099	2.145.099	4.290.199
Gastos de Gravámenes Financieros, Transacciones,	32.002.930	33.036.631	65.039.561

<b>GASTOS DE FUNCIONAMIENTO</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
transferencias bancarias y otras			
Gastos de Representación	3.433.881	34.306.998	37.740.879
<b>Gastos administrativos de funcionamiento</b>	<b>117.274.332</b>	<b>152.305.361</b>	<b>269.579.692</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS CENTRALES</b>	<b>301.723.911</b>	<b>363.014.576</b>	<b>4.600.474.627</b>

**Tabla 7. Gastos del personal operativo**

<b>GASTOS DE PERSONAL OPERATIVO</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
Salario básico	144.008.424	144.008.424	144.008.424	144.008.424	144.008.424
Horas Extras y Recargos Nocturnos	25.726.800	25.726.800	25.726.800	25.726.800	25.726.800
Auxilio Legal de Transporte	8.976.000	8.976.000	8.976.000	8.976.000	8.976.000
Bonificaciones	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
Indemnizaciones laborales	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000
Carga prestacional y Parafiscal	12.960.758	12.960.758	12.960.758	12.960.758	12.960.758
Costos de Dotación y Elementos de protección Personal	5.400.000	5.400.000	5.400.000	5.400.000	5.400.000
Costos de Exámenes Médicos	7.920.000	7.920.000	7.920.000	7.920.000	7.920.000
Costos de Capacitación	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
Gastos de viaje (Transportes y Alimentación)	15.312.000	15.312.000	15.312.000	15.312.000	15.312.000
<b>Gastos de Nómina</b>	<b>226.303.982</b>	<b>226.303.982</b>	<b>226.303.982</b>	<b>226.303.982</b>	<b>226.303.982</b>

<b>GASTOS DE PERSONAL OPERATIVO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Salario básico	144.008.424	144.008.424	144.008.424	144.008.424	144.008.424
Horas Extras y Recargos Nocturnos	25.726.800	25.726.800	25.726.800	25.726.800	25.726.800
Auxilio Legal de Transporte	8.976.000	8.976.000	8.976.000	8.976.000	8.976.000
Bonificaciones	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
Indemnizaciones laborales	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000
Carga prestacional y Parafiscal	12.960.758	12.960.758	12.960.758	12.960.758	12.960.758
Costos de Dotación y Elementos de protección Personal	5.400.000	5.400.000	5.400.000	5.400.000	5.400.000
Costos de Exámenes Médicos	7.920.000	7.920.000	7.920.000	7.920.000	7.920.000
Costos de Capacitación	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000	3.000.000
Gastos de viaje (Transportes y Alimentación)	15.312.000	15.312.000	15.312.000	15.312.000	15.312.000
<b>Gastos de Nómina</b>	<b>226.303.982</b>	<b>226.303.982</b>	<b>226.303.982</b>	<b>226.303.982</b>	<b>226.303.982</b>

<b>GASTOS DE PERSONAL OPERATIVO</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Salario básico	144.008.424	144.008.424	1728101088
Horas Extras y Recargos Nocturnos	25.726.800	25.726.800	308721600
Auxilio Legal de Transporte	8.976.000	8.976.000	107712000
Bonificaciones	2.000.000	2.000.000	24000000
Indemnizaciones laborales	1.000.000	1.000.000	12000000
Carga prestacional y Parafiscal	12.960.758	12.960.758	155529097,9
Costos de Dotación y Elementos de protección Personal	5.400.000	5.400.000	64800000
Costos de Exámenes Médicos	7.920.000	7.920.000	95040000
Costos de Capacitación	3.000.000	3.000.000	36000000
Gastos de viaje (Transportes y Alimentación)	15.312.000	15.312.000	183744000
<b>Gastos de Nómina</b>	<b>226.303.982</b>	<b>226.303.982</b>	<b>2715647786</b>

Para establecer todos los egresos de la planta de *blending* de Río Chiquito, se inicia con la realización de un recuento de los gastos de nómina y gastos administrativos de funcionamiento para poder hallar un total de gastos administrativos centrales.

En el proceso del estudio financiero, se tienen en cuenta nóminas de campo así como de oficina, además se realiza un presupuesto del costo del personal; cabe mencionar que en la parte operativa se manejan tres cuadrillas conformadas cada una por doce personas; dos equipos de personas estarán en turno de ocho horas continuas y el equipo restante tendrán su tiempo de descanso.

**Tabla 8. Gastos administrativos del personal operativo**

<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS OPERATIVOS</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
Arrendamientos	6.487.000	6.487.000	6.487.000	6.487.000	6.487.000
Servicios Públicos incluidos Telefonía e Internet	2.310.000	2.310.000	2.310.000	2.310.000	2.310.000
Servicio de Aseo y Vigilancia	29.920.000	29.920.000	29.920.000	29.920.000	29.920.000
Servicio de Mensajería	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000
Servicios técnicos	55.620.000	55.620.000	55.620.000	55.620.000	55.620.000
Movilización y Transporte (stock en bodega)	125.000.000	125.000.000	125.000.000	125.000.000	125.000.000
Seguros	110.000.000				
Mantenimiento y Reparaciones	1.748.000.000	1.748.000.000	1.748.000.000	1.748.000.000	1.748.000.000
Adecuación e Instalación	500.000.000	500.000.000	500.000.000	500.000.000	500.000.000
Gastos de Higiene y Seguridad Industrial	3.230.000	3.230.000	3.230.000	3.230.000	3.230.000
Papelería	15.870.000	15.870.000	15.870.000	15.870.000	15.870.000

<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS OPERATIVOS</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
Elementos de Aseo y Cafetería	8.670.000	8.670.000	8.670.000	8.670.000	8.670.000
Gastos de Representación	8.521.000	8.521.000	8.521.000	8.521.000	8.521.000
<b>Gastos administrativos de funcionamiento</b>	<b>2.619.628.000</b>	<b>2.509.628.000</b>	<b>2.509.628.000</b>	<b>2.509.628.000</b>	<b>2.509.628.000</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	<b>2.845.931.982</b>	<b>2.735.931.982</b>	<b>2.735.931.982</b>	<b>2.735.931.982</b>	<b>2.735.931.982</b>

<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS OPERATIVOS</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Arrendamientos	6.487.000	6.487.000	6.487.000	6.487.000	6.487.000
Servicios Públicos incluidos Telefonía e Internet	2.310.000	2.310.000	2.310.000	2.310.000	2.310.000
Servicio de Aseo y Vigilancia	29.920.000	29.920.000	29.920.000	29.920.000	29.920.000
Servicio de Mensajería	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000
Servicios técnicos	55.620.000	55.620.000	55.620.000	55.620.000	55.620.000
Movilización y Transporte (stock en bodega)	125.000.000	125.000.000	125.000.000	125.000.000	125.000.000
Seguros					
Mantenimiento y Reparaciones	1.748.000.000	1.748.000.000	1.748.000.000	1.748.000.000	1.748.000.000
Adecuación e Instalación	500.000.000	500.000.000	500.000.000	500.000.000	500.000.000
Gastos de Higiene y Seguridad Industrial	3.230.000	3.230.000	3.230.000	3.230.000	3.230.000
Papelería	15.870.000	15.870.000	15.870.000	15.870.000	15.870.000
Elementos de Aseo y Cafetería	8.670.000	8.670.000	8.670.000	8.670.000	8.670.000
Gastos de Representación	8.521.000	8.521.000	8.521.000	8.521.000	8.521.000
<b>Gastos administrativos de funcionamiento</b>	<b>2.509.628.000</b>	<b>2.509.628.000</b>	<b>2.509.628.000</b>	<b>2.509.628.000</b>	<b>2.509.628.000</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	<b>2.735.931.982</b>	<b>2.735.931.982</b>	<b>2.735.931.982</b>	<b>2.735.931.982</b>	<b>2.735.931.982</b>

<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS OPERATIVOS</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Arrendamientos	6.487.000	6.487.000	25.948.000
Servicios Públicos incluidos Telefonía e Internet	2.310.000	2.310.000	9.240.000
Servicio de Aseo y Vigilancia	29.920.000	29.920.000	119.680.000
Servicio de Mensajería	6.000.000	6.000.000	24.000.000
Servicios técnicos	55.620.000	55.620.000	222.480.000
Movilización y Transporte (stock en bodega)	125.000.000	125.000.000	500.000.000
Seguros			-
Mantenimiento y Reparaciones	1.748.000.000	1.748.000.000	6.992.000.000
Adecuación e Instalación	500.000.000	500.000.000	2.000.000.000
Gastos de Higiene y Seguridad Industrial	3.230.000	3.230.000	12.920.000
Papelería	15.870.000	15.870.000	63.480.000
Elementos de Aseo y Cafetería	8.670.000	8.670.000	34.680.000
Gastos de Representación	8.521.000	8.521.000	34.084.000
<b>Gastos administrativos de funcionamiento</b>	<b>2.509.628.000</b>	<b>2.509.628.000</b>	<b>10.038.512.000</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>	<b>2.735.931.982</b>	<b>2.735.931.982</b>	<b>32.941.183.786</b>

**Tabla 9. Costos legales de personal**

<b>COSTOS LEGALES DE PERSONAL</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
Salario básico	154.800.000	154.800.000	154.800.000	154.800.000	154.800.000
Horas Extras y Recargos Nocturnos	91.166.800	91.166.801	91.166.802	91.166.803	91.166.804
Auxilio Legal de Transporte	502.800	502.800	502.800	502.800	502.800
Auxilios (alimentación y otros)	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000
Bonificaciones	10.572.400	10.572.400	10.572.400	10.572.400	10.572.400
Indemnizaciones laborales	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000
Carga prestacional y Parafiscal	13.932.000	13.932.000	13.932.000	13.932.000	13.932.000
Costos de Dotación y Elementos de protección Personal	14.174.600	14.174.600	14.174.600	14.174.600	14.174.600

<b>COSTOS LEGALES DE PERSONAL</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
Costos de Exámenes Médicos	13.582.800	13.582.800	13.582.800	13.582.800	13.582.800
Costos de Capacitación	2.566.667	2.566.667	2.566.667	2.566.667	2.566.667
Gastos de viaje (Transportes y Alimentación)	15.780.000	15.780.000	15.780.000	15.780.000	15.780.000
<b>Gastos de Personal</b>	<b>443.078.067</b>	<b>443.078.068</b>	<b>443.078.069</b>	<b>443.078.070</b>	<b>443.078.071</b>

<b>COSTOS LEGALES DE PERSONAL</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Salario básico	154.800.000	154.800.000	154.800.000	154.800.000	154.800.000
Horas Extras y Recargos Nocturnos	91.166.805	91.166.806	91.166.807	91.166.808	91.166.809
Auxilio Legal de Transporte	502.800	502.800	502.800	502.800	502.800
Auxilios (alimentación y otros)	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000	120.000.000
Bonificaciones	10.572.400	10.572.400	10.572.400	10.572.400	10.572.400
Indemnizaciones laborales	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000
Carga prestacional y Parafiscal	13.932.000	13.932.000	13.932.000	13.932.000	13.932.000
Costos de Dotación y Elementos de protección Personal	14.174.600	14.174.600	14.174.600	14.174.600	14.174.600
Costos de Exámenes Médicos	13.582.800	13.582.800	13.582.800	13.582.800	13.582.800
Costos de Capacitación	2.566.667	2.566.667	2.566.667	2.566.667	2.566.667
Gastos de viaje (Transportes y Alimentación)	15.780.000	15.780.000	15.780.000	15.780.000	15.780.000
<b>Gastos de Personal</b>	<b>443.078.072</b>	<b>443.078.073</b>	<b>443.078.074</b>	<b>443.078.075</b>	<b>443.078.076</b>

<b>COSTOS LEGALES DE PERSONAL</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Salario básico	154.800.000	154.800.000	1.857.600.000
Horas Extras y Recargos Nocturnos	91.166.810	91.166.811	1.094.001.666
Auxilio Legal de Transporte	502.800	502.800	6.033.600
Auxilios (alimentación y otros)	120.000.000	120.000.000	1.440.000.000

<b>COSTOS LEGALES DE PERSONAL</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Bonificaciones	10.572.400	10.572.400	126.868.800
Indemnizaciones laborales	6.000.000	6.000.000	72.000.000
Carga prestacional y Parafiscal	13.932.000	13.932.000	167.184.000
Costos de Dotación y Elementos de protección Personal	14.174.600	14.174.600	170.095.200
Costos de Exámenes Médicos	13.582.800	13.582.800	162.993.600
Costos de Capacitación	2.566.667	2.566.667	30.800.000
Gastos de viaje (Transportes y Alimentación)	15.780.000	15.780.000	189.360.000
<b>Gastos de Personal</b>	<b>443.078.077</b>	<b>443.078.078</b>	<b>5.316.936.866</b>

**Tabla 10. Costos manejo de equipos**

<b>COSTO MANEJO DE EQUIPOS</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
Arrendamientos	1.200.000.000	875.000.000	875.000.000	875.000.000	875.000.000
Servicios técnicos (suministro de cuadrillas)	654.000.000	654.000.000	654.000.000	654.000.000	654.000.000
Mantenimiento y Reparaciones	1.500.000.000	1.500.000.000	1.500.000.000	1.500.000.000	1.500.000.000
Transporte y movilización de Equipos	1.100.000.000	110.000.000	110.000.000	110.000.000	110.000.000
Adecuación e Instalación	4.500.000.000	4.500.000.000	4.500.000.000	4.500.000.000	4.500.000.000
Combustibles y lubricantes	329.300.000	329.300.000	329.300.000	329.300.000	329.300.000
Consumibles	100.000.000	100.000.000	100.000.000	100.000.000	100.000.000
<b>Costos de Alquiler de Equipos</b>	<b>9.383.300.000</b>	<b>8.068.300.000</b>	<b>8.068.300.000</b>	<b>8.068.300.000</b>	<b>8.068.300.000</b>

<b>COSTO MANEJO DE EQUIPOS</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Arrendamientos	875.000.000	875.000.000	875.000.000	875.000.000	875.000.000
Servicios técnicos (suministro de cuadrillas)	654.000.000	654.000.000	654.000.000	654.000.000	654.000.000
Mantenimiento y Reparaciones	1.500.000.000	1.500.000.000	1.500.000.000	1.500.000.000	1.500.000.000
Transporte y movilización de Equipos	110.000.000	110.000.000	110.000.000	110.000.000	110.000.000
Adecuación e Instalación	4.500.000.000	4.500.000.000	4.500.000.000	4.500.000.000	4.500.000.000
Combustibles y lubricantes	329.300.000	329.300.000	329.300.000	329.300.000	329.300.000
Consumibles	100.000.000	100.000.000	100.000.000	100.000.000	100.000.000
<b>Costos de Alquiler de Equipos</b>	<b>8.068.300.000</b>	<b>8.068.300.000</b>	<b>8.068.300.000</b>	<b>8.068.300.000</b>	<b>8.068.300.000</b>

<b>COSTO MANEJO DE EQUIPOS</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Arrendamientos	875.000.000	875.000.000	10.825.000.000
Servicios técnicos (suministro de cuadrillas)	654.000.000	654.000.000	7.848.000.000
Mantenimiento y Reparaciones	1.500.000.000	1.500.000.000	18.000.000.000
Transporte y movilización de Equipos	110.000.000	110.000.000	2.310.000.000
Adecuación e Instalación	4.500.000.000	4.500.000.000	54.000.000.000
Combustibles y lubricantes	329.300.000	329.300.000	3.951.600.000
Consumibles	100.000.000	100.000.000	1.200.000.000
<b>Costos de Alquiler de Equipos</b>	<b>8.068.300.000</b>	<b>8.068.300.000</b>	<b>98.134.600.000</b>

Teniendo en cuenta todos los gastos expuestos hasta el momento se incluye el factor más importante de este estudio, el cual hace referencia al precio del transporte de crudo dependiendo la forma en que dicho proceso se realice; el precio de transportar un barril por carrotanque está alrededor de los sesenta mil pesos Colombianos y

transportarlo por oleoducto está más o menos en veinticuatro mil pesos Colombianos, lo cual ya demuestra ser una diferencia grande que debería ser apreciada para un futuro inmediato<sup>13</sup>.

**Tabla 11. Costos de transporte de crudo por carrotanque**

<b>COSTOS DE TRANSPORTE</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
Transporte de crudo por carrotanque	14.448.000.000	14.303.520.000	14.303.520.000	14.303.520.000	14.303.520.000
Viáticos	10.562.000	10.562.000	10.562.000	10.562.000	10.562.000
<b>Otros costos de la operación</b>	14.458.562.000	14.314.082.000	14.314.082.000	14.314.082.000	14.314.082.000
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>	24.284.940.067	22.825.460.068	22.825.460.069	22.825.460.070	22.825.460.071
<b>COSTOS Y GASTOS OPERATIVOS</b>	27.130.872.049	25.561.392.050	25.561.392.051	25.561.392.052	25.561.392.053

<b>COSTOS DE TRANSPORTE</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Transporte de crudo por carrotanque	14.303.520.000	14.303.520.000	14.303.520.000	14.303.520.000	14.303.520.000
Viáticos	10.562.000	10.562.000	10.562.000	10.562.000	10.562.000
<b>Otros costos de la operación</b>	14.314.082.000	14.314.082.000	14.314.082.000	14.314.082.000	14.314.082.000
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>	22.825.460.072	22.825.460.073	22.825.460.074	22.825.460.075	22.825.460.076
<b>COSTOS Y GASTOS OPERATIVOS</b>	25.561.392.054	25.561.392.055	25.561.392.056	25.561.392.057	25.561.392.058

<sup>13</sup> REVISTA SEMANA, Quién “tubo” la culpa; 11 de junio de 2011; <http://www.semana.com/economia/articulo/quien-tubo-culpa/241150-3>

<b>COSTOS DE TRANSPORTE</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Transporte de crudo por carrotanque	14.303.520.000	14.303.520.000	100.124.640.000
Viáticos	10.562.000	10.562.000	73.934.000
<b>Otros costos de la operación</b>	14.314.082.000	14.314.082.000	100.198.574.000
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>	22.825.460.077	22.825.460.078	275.365.000.866
<b>COSTOS Y GASTOS OPERATIVOS</b>	25.561.392.059	25.561.392.060	308.306.184.652

**Tabla 12. Utilidad definitiva**

<b>UTILIDAD DEFINITIVA</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
UTILIDAD ANTES DE DEPRECIACIONES E IMPUESTOS	6762107907	5252130672	8651166497	7557356918	8654391105
Depreciaciones	0	0	0	0	0
Amortizaciones	0	0	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS (UAI)	6762107907	5252130672	8651166497	7557356918	8654391105
IMPUESTO DE RENTA Y CREE (25% + 9% sobre Utilidad Antes de Impuestos)	2299116689	1785724428	2941396609	2569501352	2942492976
IMPUESTO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (1% sobre ingresos)	345247000	311836000	345247000	334110000	345247000
UTILIDAD DEL PROYECTO DESPUÉS DE IMPUESTOS (UDI)	4117744219	3154570243	5364522888	4653745566	5366651129
RENTABILIDAD TOTAL (UDI/ING)	11,9270%	10,1161%	15,5382%	13,9288%	15,5444%

<b>UTILIDAD DEFINITIVA</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
UTILIDAD ANTES DE DEPRECIACIONES E IMPUESTOS	7556836761	8656231637	8156327023	7548059364	8651055443
Depreciaciones	0	0	0	0	0
Amortizaciones	0	0	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS (UAI)	7556836761	8656231637	8156327023	7548059364	8651055443

<b>UTILIDAD DEFINITIVA</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
IMPUESTO DE RENTA Y CREE (25% + 9% sobre Utilidad Antes de Impuestos)	2569324499	2943118757	2773151188	2566340184	2941358850
IMPUESTO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (1% sobre ingresos)	334110000	345247000	345247000	334110000	345247000
<b>UTILIDAD DEL PROYECTO DESPUÉS DE IMPUESTOS (UDI)</b>	<b>4653402262</b>	<b>5367865880</b>	<b>5037928835</b>	<b>4647609180</b>	<b>5364449592</b>
<b>RENTABILIDAD TOTAL (UDI/ING)</b>	<b>13,9278%</b>	<b>15,5479%</b>	<b>14,5922%</b>	<b>13,9104%</b>	<b>15,5380%</b>

<b>UTILIDAD DEFINITIVA</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
UTILIDAD ANTES DE DEPRECIACIONES E IMPUESTOS	<b>7547884030</b>	<b>8600293364</b>	<b>93593840721</b>
Depreciaciones	0	0	0
Amortizaciones	0	0	0
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS (UAI)	7547884030	8600293364	93593840721
IMPUESTO DE RENTA Y CREE (25% + 9% sobre Utilidad Antes de Impuestos)	2566280570	2924099744	31821905845
IMPUESTO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (1% sobre ingresos)	334110000	345247000	4065005000
<b>UTILIDAD DEL PROYECTO DESPUÉS DE IMPUESTOS (UDI)</b>	<b>4647493460</b>	<b>5330946620</b>	<b>57706929876</b>
<b>RENTABILIDAD TOTAL (UDI/ING)</b>	<b>13,9101%</b>	<b>15,4410%</b>	<b>14,1960%</b>

Teniendo en cuenta todos los gastos expuestos hasta el momento se incluye el factor más importante de este estudio, el cual hace referencia al precio del transporte de crudo dependiendo la forma en que dicho proceso se realice; el precio de transportar un barril por carrotanque está alrededor de los sesenta mil pesos Colombianos y transportarlo por oleoducto está más o menos en veinticuatro mil pesos Colombianos, lo cual ya demuestra ser una diferencia grande que debería ser apreciada para un futuro inmediato<sup>14</sup>.

Del cálculo se obtiene una utilidad base a la cual se le aplican los impuestos de ley como lo son el impuesto de RENTA y CREE en el cual a un 25% se le suma el 9% de la utilidad antes de impuestos y el canon de INDUSTRIA y COMERCIO el cual representa el uno por ciento de los ingresos; de esta manera se obtiene para el transporte por carrotanque una utilidad que representa el 14,99%.

Para evaluar el costo por oleoducto, se aplica el mismo modelo cambiando el valor causado por concepto de transporte; aplicando un procedimiento equivalente al anterior, se encuentra una utilidad bajo los mismos impuestos del 22,07%, lo cual significa un aumento notorio en la rentabilidad, dicho en números equivale a un 40% que la empresa puede ahorrar en transporte bajando el costo y aumentando las rentabilidad, si decidiera enviarlo por medio de un oleoducto.

---

<sup>14</sup> REVISTA SEMANA Quién “tubo” la culpa;, 11 de junio de 2011; <http://www.semana.com/economia/articulo/quien-tubo-culpa/241150-3>

**Tabla 13. Costos de transporte de crudo por carrotanque**

<b>COSTOS DE TRANSPORTE</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
Transporte de crudo por Oleoducto	5779200000	5779200000	5779200000	5779200000	5779200000
Viáticos	10562000	10562000	10562000	10562000	10562000
Otros costos de la operación	5789762000	5789762000	5789762000	5789762000	5789762000
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>	15616140067	14301140068	14301140069	14301140070	14301140071
<b>COSTOS Y GASTOS OPERATIVOS</b>	18462072049	17037072050	17037072051	17037072052	17037072053
<b>UTILIDAD ANTES DE DEPRECIACIONES E IMPUESTOS</b>	15430907907	13776450672	17175486497	16081676918	17178711105

<b>COSTOS DE TRANSPORTE</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
Transporte de crudo por Oleoducto	5779200000	5779200000	5779200000	5779200000	5779200000
Viáticos	10562000	10562000	10562000	10562000	10562000
Otros costos de la operación	5789762000	5789762000	5789762000	5789762000	5789762000
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>	14301140072	14301140073	14301140074	14301140075	14301140076
<b>COSTOS Y GASTOS OPERATIVOS</b>	17037072054	17037072055	17037072056	17037072057	17037072058
<b>UTILIDAD ANTES DE DEPRECIACIONES E IMPUESTOS</b>	16081156761	17180551637	16680647023	16072379364	17175375443

<b>COSTOS DE TRANSPORTE</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
Transporte de crudo por Oleoducto	5779200000	5779200000	69350400000
Viáticos	10562000	10562000	126744000
Otros costos de la operación	5789762000	5789762000	69477144000
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>	14301140077	14301140078	172928680866,00
<b>COSTOS Y GASTOS OPERATIVOS</b>	17037072059	17037072060	205869864651,92
<b>UTILIDAD ANTES DE DEPRECIACIONES E IMPUESTOS</b>	16072204030	17124613364	196030160721,27

Tabla 14. Utilidad definitiva transporte por oleoducto

<b>UTILIDAD DEFINITIVA</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS (UAI)</b>	15430907907	13776450672	17175486497	16081676918	17178711105
IMPUESTO DE RENTA Y CREE (25% + 9% sobre Utilidad Antes de Impuestos)	5246508689	4683993228	5839665409	5467770152	5840761776
IMPUESTO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (1% sobre ingresos)	345247000	311836000	345247000	334110000	345247000
<b>UTILIDAD DEL PROYECTO DESPUÉS DE IMPUESTOS (UDI)</b>	9839152219	8780621443	10990574088	10279796766	10992702329
<b>RENTABILIDAD TOTAL (UDI/ING)</b>	28,4989%	28,1578%	31,8339%	30,7677%	31,8401%

<b>UTILIDAD DEFINITIVA</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS (UAI)</b>	16081156761	17180551637	16680647023	16072379364	17175375443
IMPUESTO DE RENTA Y CREE (25% + 9% sobre Utilidad Antes de Impuestos)	5467593299	5841387557	5671419988	5464608984	5839627650

<b>UTILIDAD DEFINITIVA</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBRE</b>	<b>OCTUBRE</b>
IMPUESTO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (1% sobre ingresos)	334110000	345247000	345247000	334110000	345247000
<b>UTILIDAD DEL PROYECTO DESPUÉS DE IMPUESTOS (UDI)</b>	10279453462	10993917080	10663980035	10273660380	10990500792
<b>RENTABILIDAD TOTAL (UDI/ING)</b>	30,7667%	31,8436%	30,8880%	30,7493%	31,8337%

<b>UTILIDAD DEFINITIVA</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>	<b>TOTAL</b>
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS (UAI)</b>	16072204030	17124613364	196030160721,27
IMPUESTO DE RENTA Y CREE (25% + 9% sobre Utilidad Antes de Impuestos)	5464549370	5822368544	66650254645
IMPUESTO DE INDUSTRIA Y COMERCIO (1% sobre ingresos)	334110000	345247000	4065005000
<b>UTILIDAD DEL PROYECTO DESPUÉS DE IMPUESTOS (UDI)</b>	10273544660	10956997820	125314901076,04
<b>RENTABILIDAD TOTAL (UDI/ING)</b>	30,7490%	31,7367%	30,8277%

Con la gran diferencia de rentabilidades, se tiene una primera impresión del ahorro que tendría la empresa al someter su producto al transporte por oleoducto; este ahorro representa 67607971200,04 millones, se recuerda que es un ejercicio académico, y los datos sujetos a este estudio fueron proporcionados por la empresa *CPP TESTING*, únicamente con el fin de que los autores pudieran recrear las situaciones que la empresa a diario maneja.

Teniendo el presupuesto se puede proceder a encontrar el flujo de caja y con esto un análisis más fondo de este análisis económico, encontrando la Tasa Interna de Retorno, el Valor Presente Neto, el Beneficio/Costo, y el

*Payback*; el tiempo tomado para encontrar dichos datos se determinó a 3 años teniendo en cuenta la alta rentabilidad de los proyectos.

Para este flujo de caja se tomó como base una inversión de 12 000 000 000 millones de pesos, y una tasa efectiva anual del 2,5954% (elegida del mercado).

**Tabla 15. Flujo de caja para transporte por carrotanque**

ANÁLISIS GENERAL		Año 1				
INGRESOS		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
VENTAS	2-15 20%	34524700000	31183600000	34524700000	33411000000	34524700000
WELL TESTING		1000000000	1000000000	1000000000	1000000000	1000000000
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>35524700000</b>	<b>32183600000</b>	<b>35524700000</b>	<b>34411000000</b>	<b>35524700000</b>
Lab. NUEVOS (+EQUIPOS) (OLEODUCTO)	%	5000000000				
GASTOS Y COSTOS POR OLEODUCTO	30%	18462072049	25561392050	25561392051	25561392052	25561392053
GASTOS Y COSTOS POR CARROTANQUE	30%	27130872049	25561392050	25561392051	25561392052	25561392053
GASTO FINANCIERO	10%	2654925689	2108122428	3297205609	2914173352	3298301976
AUMENTO DEL GASTO PROYECCIÓN DEL MERCADO FUTURO	25%	10000000000	7000000000	7000000000	7000000000	7000000000
PAGO DE DIVIDENDOS A LOS ASOCIADOS						
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>34785797737</b>	<b>34669514478</b>	<b>35858597660</b>	<b>35475565404</b>	<b>35859694028</b>
<b>FLUJO TOTAL CARROTANQUE</b>		<b>738902262,6</b>	<b>-2485914478</b>	<b>-333897659,9</b>	<b>-1064565404</b>	<b>-334994028,5</b>
<b>FLUJO TOTAL OLEODUCTO</b>		<b>-592297737,4</b>	<b>-2485914478</b>	<b>-333897660</b>	<b>-1064565404</b>	<b>-334994028</b>

ANÁLISIS GENERAL							
INGRESOS	2-15-20 %		JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
VENTAS			33411000000	34524700000	34524700000	33411000000	34524700000
WELL TESTING			10000000000	10000000000	10000000000	10000000000	10000000000
<b>TOTAL INGRESOS</b>			34411000000	35524700000	35524700000	34411000000	35524700000
EGRESOS	%						
GASTOS Y COSTOS POR OLEODUCTO	30%	25561392054	25561392055	25561392056	25561392057	25561392058	
GASTOS Y COSTOS POR CARROTANQUE	30%	25561392054	25561392055	25561392056	25561392057	25561392058	
GASTO FINANCIERO	10%	2913996499	3298927757	3128960188	2911012184	3297167850	
AUMENTO DEL GASTO PROYECCIÓN DEL MERCADO FUTURO	25%	7000000000	7000000000	7000000000	7000000000	7000000000	
PAGO DE DIVIDENDOS A LOS ASOCIADOS							
<b>TOTAL EGRESOS</b>		35475388553	35860319811	35690352244	35472404241	35858559908	
<b>FLUJO TOTAL CARROTANQUE</b>		-1064388553	-335619811,3	-165652243,6	-1061404241	-333859908,3	
<b>FLUJO TOTAL OLEODUCTO</b>		-1064388553	-335619811,3	-165652243,6	-1061404241	-333859908,3	

ANÁLISIS GENERAL		AÑO 1		AÑO 2	
		NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO
INGRESOS	2-15-20 %				
OTROS INGRESOS (CONTRATOS, ALQUILERES, ETC.)		67607971200	67607971200	67607971200	67607971200
VENTAS		33411000000	34524700000	39703405000	35861140000
WELL TESTING		10000000000	10000000000	11500000000	11500000000
<b>TOTAL INGRESOS</b>		34411000000	35524700000	40853405000	37011140000

EGRESOS	%				
GASTOS Y COSTOS POR OLEODUCTO	30%	25561392059	25561392060	21231382856	29395600857
GASTOS Y COSTOS POR CARROTANQUE	30%	25561392059	25561392060	31200502856	29395600857
GASTO FINANCIERO	10%	2910952570	3279908744	3053164542	2424340793
AUMENTO DEL GASTO PROYECCIÓN DEL MERCADO FUTURO	25%	7000000000	7000000000	2000000000	2000000000
PAGO DE DIVIDENDOS A LOS ASOCIADOS					
<b>TOTAL EGRESOS</b>		35472344629	35841300804	36253667398	33819941650
<b>FLUJO TOTAL CARROTANQUE</b>		-1061344629	-316600803,5	4599737602	3191198350
<b>FLUJO TOTAL OLEODUCTO</b>		-1061344629	-316600803,5	82176828802	70799169550

ANÁLISIS GENERAL		AÑO 2				
		MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO
INGRESOS						
OTROS INGRESOS (CONTRATOS, ALQUILERES, ETC.)		67607971200	67607971200	67607971200	67607971200	67607971200
VENTAS	2-15-20 %	39703405000	38422650000	39703405000	38422650000	39703405000
WELL TESTING		11500000000	11500000000	11500000000	11500000000	11500000000
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>40853405000</b>	<b>39572650000</b>	<b>40853405000</b>	<b>39572650000</b>	<b>40853405000</b>

EGRESOS	%					
GASTOS Y COSTOS POR OLEODUCTO	30%	29395600858	29395600860	29395600861	29395600862	29395600863
GASTOS Y COSTOS POR CARROTANQUE	30%	29395600858	29395600860	29395600861	29395600862	29395600863
GASTO FINANCIERO	10%	3791786450	3351299355	3793047272	3351095974	3793766920
AUMENTO DEL GASTO PROYECCIÓN DEL MERCADO FUTURO	25%	2000000000	2000000000	2000000000	2000000000	2000000000
PAGO DE DIVIDENDOS A LOS ASOCIADOS						
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>35187387309</b>	<b>34746900215</b>	<b>35188648133</b>	<b>34746696836</b>	<b>35189367783</b>
<b>FLUJO TOTAL CARROTANQUE</b>		<b>5666017691</b>	<b>4825749785</b>	<b>5664756867</b>	<b>4825953164</b>	<b>5664037217</b>
<b>FLUJO TOTAL OLEODUCTO</b>		<b>73273988891</b>	<b>72433720985</b>	<b>73272728067</b>	<b>72433924364</b>	<b>73272008417</b>

ANÁLISIS GENERAL		AÑO 2				
INGRESOS		AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
OTROS INGRESOS (CONTRATOS, ALQUILERES, ETC.)	2-15-20 %	67607971200	67607971200	67607971200	67607971200	67607971200
VENTAS		39703405000	38422650000	39703405000	38422650000	39703405000
WELL TESTING		11500000000	11500000000	11500000000	11500000000	11500000000
<b>TOTAL INGRESOS</b>		40853405000	39572650000	40853405000	39572650000	40853405000

EGRESOS	%					
GASTOS Y COSTOS POR OLEODUCTO	30%	29395600864	29395600865	29395600867	29395600868	29395600869
GASTOS Y COSTOS POR CARROTANQUE	30%	29395600864	29395600865	29395600867	29395600868	29395600869
GASTO FINANCIERO	10%	3598304216	3347664011	3791743028	3347595456	3771895055
AUMENTO DEL GASTO PROYECCIÓN DEL MERCADO FUTURO	25%	2000000000	2000000000	2000000000	2000000000	2000000000
PAGO DE DIVIDENDOS A LOS ASOCIADOS						
<b>TOTAL EGRESOS</b>		34993905080	34743264877	35187343895	34743196323	35167495924
<b>FLUJO TOTAL CARROTANQUE</b>		5859499920	4829385123	5666061105	4829453677	5685909076
<b>FLUJO TOTAL OLEODUCTO</b>		73467471120	72437356323	73274032305	72437424877	73293880276

ANÁLISIS GENERAL		AÑO 3				
INGRESOS		ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO
OTROS INGRESOS (CONTRATOS, ALQUILERES, ETC.)	2-15-20 %	67607971200	67607971200	67607971200	67607971200	67607971200
VENTAS		47644086000	43033368000	47644086000	46107180000	47644086000
WELL TESTING		1322500000	1322500000	1322500000	1322500000	1322500000
<b>TOTAL INGRESOS</b>		48966586000	44355868000	48966586000	47429680000	48966586000

EGRESOS	%					
GASTOS Y COSTOS POR OLEODUCTO	30%	24416090285	33804940986	33804940987	33804940989	33804940990
GASTOS Y COSTOS POR CARROTANQUE	30%	35880578285	33804940986	33804940987	33804940989	33804940990
GASTO FINANCIERO	10%	3511139223	2787991912	4360554418	3853994258	4362004363
AUMENTO DEL GASTO PROYECCIÓN DEL MERCADO FUTURO	25%	2000000000	2000000000	2000000000	2000000000	2000000000
PAGO DE DIVIDENDOS A LOS ASOCIADOS						
<b>TOTAL EGRESOS</b>		41391717508	38592932897	40165495405	39658935247	40166945353
<b>FLUJO TOTAL CARROTANQUE</b>		7574868492	5762935103	8801090595	7770744753	8799640647
<b>FLUJO TOTAL OLEODUCTO</b>		86647327692	73370906303	76409061795	75378715953	76407611847

ANÁLISIS GENERAL		Año 3				
INGRESOS		JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE
OTROS INGRESOS (CONTRATOS, ALQUILERES, ETC.)	2-15-20 %	67607971200	67607971200	67607971200	67607971200	67607971200
VENTAS		46107180000	47644086000	47644086000	46107180000	47644086000
WELL TESTING		1322500000	1322500000	1322500000	1322500000	1322500000
<b>TOTAL INGRESOS</b>		47429680000	48966586000	48966586000	47429680000	48966586000

EGRESOS	%					
GASTOS Y COSTOS POR OLEODUCTO	30%	33804940991	33804940993	33804940994	33804940995	33804940996
GASTOS Y COSTOS POR CARROTANQUE	30%	33804940991	33804940993	33804940994	33804940995	33804940996
GASTO FINANCIERO	10%	3853760370	4362831958	4138049848	3849813613	4360504482
AUMENTO DEL GASTO PROYECCIÓN DEL MERCADO FUTURO	25%	2000000000	2000000000	2000000000	2000000000	2000000000
PAGO DE DIVIDENDOS A LOS ASOCIADOS						
<b>TOTAL EGRESOS</b>		39658701361	40167772950	39942990842	39654754608	40165445479
<b>FLUJO TOTAL CARROTANQUE</b>		7770978639	8798813050	9023595158	7774925392	8801140521
<b>FLUJO TOTAL OLEODUCTO</b>		75378949839	76406784250	76631566358	75382896592	76409111721

ANÁLISIS GENERAL		AÑO 3	
INGRESOS	2-15-20 %	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
OTROS INGRESOS (CONTRATOS, ALQUILERES, ETC.)		67607971200	67607971200
VENTAS		46107180000	47644086000
WELL TESTING		1322500000	1322500000
<b>TOTAL INGRESOS</b>		<b>47429680000</b>	<b>48966586000</b>
EGRESOS	%		
GASTOS Y COSTOS POR OLEODUCTO	30%	33804940998	33804940999
GASTOS Y COSTOS POR CARROTANQUE	30%	33804940998	33804940999
GASTO FINANCIERO	10%	3849734774	4337679314
AUMENTO DEL GASTO PROYECCIÓN DEL MERCADO FUTURO	25%	2000000000	2000000000
PAGO DE DIVIDENDOS A LOS ASOCIADOS			
<b>TOTAL EGRESOS</b>		<b>39654675772</b>	<b>40142620313</b>
<b>FLUJO TOTAL CARROTANQUE</b>		<b>7775004228</b>	<b>8823965687</b>
<b>FLUJO TOTAL OLEODUCTO</b>		<b>75382975428</b>	<b>76431936887</b>

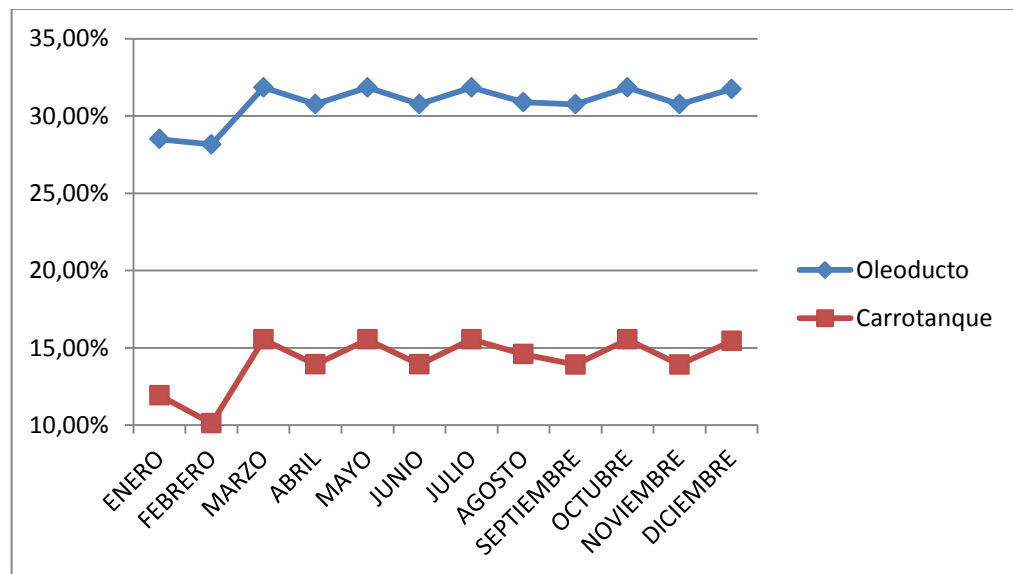
Una vez se tiene el flujo de caja, por medio de la herramienta Excel, se procede a obtener los parámetros más importantes de este estudio. Durante la ejecución del mismo, se evidencia que los montos de dinero manejados son exorbitantes y podrían acercarse a un manejo ideal de rentabilidades, donde lo invertido se recupere fácilmente. A continuación se muestran los resultados:

**Tabla 16. Resultados**

PARÁMETROS	CARROTANQUE	OLEODUCTO
VPN	64002668771	102092104112,52
TIR	19,96%	44%
B/C	1,08995418	1,855759879
Payback (años)	0,29	0.03

En la gráfica a continuación se realiza un esquema rentabilidad versus el tiempo representado en meses a un año, donde se puede apreciar un comportamiento similar debido a que la única variación radica en el precio del transporte que es el ítem crítico a analizar en la evaluación financiera de la planta de *blending* Río Chiquito y que deja como resultado una clara diferencia en la rentabilidad obtenida para cada forma de despachar el crudo diluido. .

**Figura 26. Muestra de resultados –Rentabilidad**



De nuevo corroboramos (ver tabla N°42), que la mejor manera de disponer de los crudos en su etapa final (transporte), es por medio de un oleoducto. La TIR del oleoducto es mucho más alta que la TIR obtenida en el proceso por carrotanque,

pues como se había dicho anteriormente, se maneja un ahorro del 40% de la rentabilidad.

Pero no todo es tan sencillo, pues para tomar una decisión de este calibre, no basta solo con el ahorro que representa implementar dicho cambio. Al día de hoy Colombia no cuenta con una infraestructura suficiente de oleoductos, es decir no hay una disponibilidad al 100% de este medio, entonces, acceder a ello, no es lo más confiable, pues puede ocasionar grandes problemas si un crudo que ya está mezclado, no puede despacharse, debido a que no hay cabida dentro del oleoducto, esto inmediatamente genera un tráfico en la planta, pues los tanques de mezcla, no pueden ser evacuados y toda la operación llega a estancarse.

Podríamos concluir que aunque el transporte del crudo por carrotanque no tiene la más altas ganancias, pero representa un medio seguro y controlable en la mayoría de escenarios posibles. Quizás con una reestructuración de la capacidad que tiene el transporte de crudo por tuberías, pueda implementarse en la planta un sistema mixto, con ello se puede aprovechar las subidas y bajas que tiene el crudo actualmente.

## **4. PROPUESTAS DE POSIBLES MEJORAS A REALIZAR A LA PLANTA RÍO CHIQUITO**

Con base a la visita de campo, interpretación de toda la información recopilada e investigación realizada, se plantean algunas posibles mejoras para la planta de *blending*, las cuales pueden representar ahorro de tiempo en los procesos, técnicas definidas de mezclado y algunas adecuaciones estructurales.

### **4.1 MEJORAS EN EQUIPOS**

Para este ítem se considera por parte de los autores, que sería de gran ayuda la implementación de un calentador de tipo directo en el cual un tubo de fuego rodea el fluido a ser calentado; el calentamiento tiene como propósito evitar la formación de hidratos o ceras, facilitar futuras separaciones de fases y en el caso de la planta, disminuir la viscosidad del fluido facilitando su circulación en las líneas o en su bombeo.

A lo largo del desarrollo de este proyecto, se tuvo en cuenta que la planta de *blending* Río Chiquito no cuenta con una facilidad que permita el calentamiento de la fase pesada, esto puede representar problema con este tipo de crudo en el momento en que necesite ser mezclado, pues como bien es cierto, el enfriamiento de esta fase ocasiona problema en cuanto a la viscosidad.

Por los argumentos descritos anteriormente, en este ítem los autores consideran que es de gran ayuda en la planta, la implementación de un calentador de tipo directo, en el cual un tubo de fuego rodea el fluido a ser calentado; el calentamiento tiene como propósito evitar la formación de hidratos o ceras, facilitar

trabajos realizados con la fase pesada, y disminuir la viscosidad del fluido facilitando su circulación en las líneas o en su bombeo y el proceso realizado en los tanques.

Debido a que en promedio un calentador o también conocido como tratador térmico, involucra el uso de un fluido intermediario, que es equivalente a un incremento en los gastos económicos, y que dicho equipo cuesta<sup>15</sup> alrededor de \$24.000.000.000 m.c.t.e, se resuelve en base al análisis anterior, que la planta de *blending* que se trata en este proyecto, no cuenta con el soporte financiero para dicha inversión y aunque se pueda realizar por medio de algún tipo de endeudamiento, el retorno de la inversión puede tomar un gran tiempo, siendo esto un motivo que afecta directamente la rentabilidad del proyecto.

En consecuencia, se propone hacer uso de los coil de vapor que ya se encuentran instalados en cada tanque de mezcla, e implementar una caldera, que permita alimentar con vapor dichos serpentines y transferir calor al fluido; esto, para calentar específicamente el crudo pesado, ya que en esta fase presenta los mayores problemas en cuanto a la viscosidad cuando desciende su temperatura.

Una caldera puede describirse como un generador de vapor, o bien sea, una combinación de equipos para producir o recobrar calor, dependiendo el uso que se le quiera dar. Como recomendación para la planta de *blending* Río Chiquito, se sugiere usar una caldera tipo pirotubular (el fuego va por dentro de los tubos), pues al igual que en los diferentes tipos de tratadores térmicos, este tipo de caldera es el que más se ajusta por efectos de eficiencia, seguridad y costos.

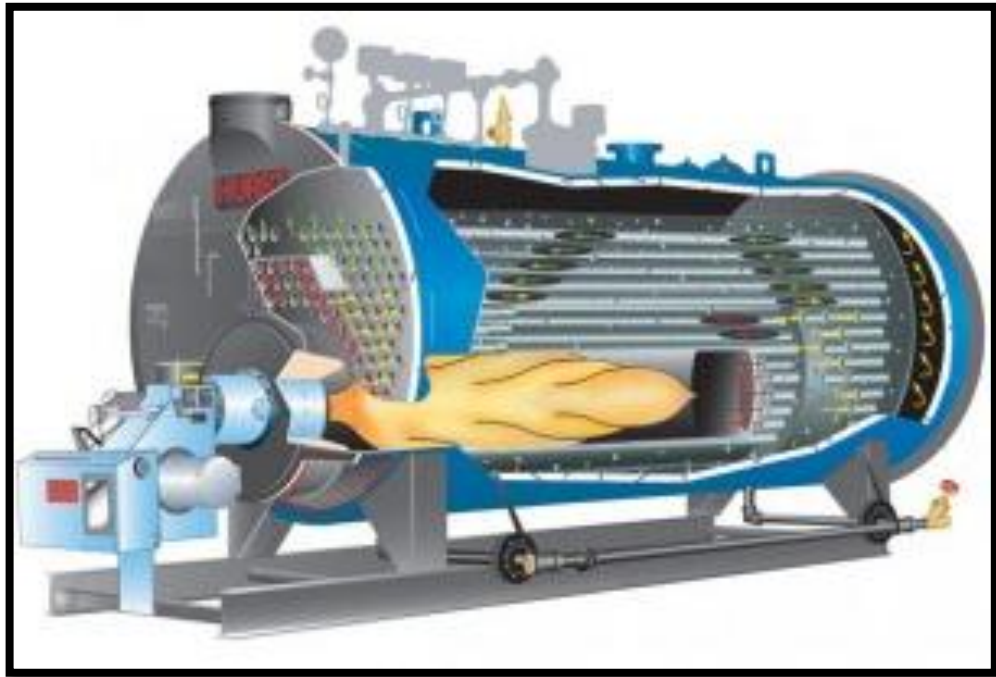
Las calderas de tipo pirotubular utilizada para generar vapor, presentan pequeñas exigencias, pero a su vez, son de fácil mantenimiento y revisiones periódicas sencillas de realizar; en cuanto a la carga parcial de la caldera, se puede

---

<sup>15</sup> Cotización realizada en la empresa Materiales Equipos y Repuestos S.A.S (MER).

aprovechar el control del quemador pues al caer por debajo de la carga mínima, el quemador puede apagarse sin problemas, y el espacio y tiempo requerido para su montaje resulta ser bastante corto.

**Figura 27. Caldera Piro-tubular**

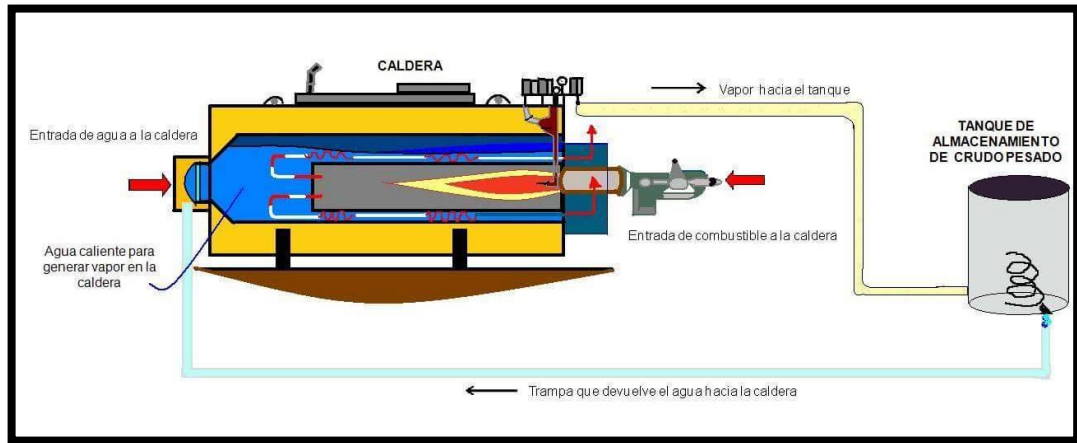


Fuente: FENERCOM Guia básica calderas industriales eficientes fenercom [en línea] disponible en: <http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-basica-calderas-industriales-eficientes-fenercom-2013.pdf>

El uso de la caldera aquí, es calentar el crudo pesado a través del vapor que pasa por los coil ubicados dentro de los tanques, y elevar su temperatura al punto de que se facilite su manejo. En los tanques se instala una trampa que permitirá el paso del vapor a los coil y el agua que se filtre en ellos será devuelta a la caldera para ser calentada de nuevo y convertida en vapor. La caldera es alimentada con combustible, de igual manera posee una alimentación de agua para generar vapor.

Se muestra a continuación un esquema realizado por los autores que resume dicha propuesta:

**Figura 28. Sistema propuesto por los autores de la Caldera Pirotubular**



Uso de caldera y coil de vapor en los tanques para calentar crudo pesado.

Para la planta Río Chiquito, de acuerdo a lo argumentado anteriormente, se propone entonces, el uso de dos tanques por módulo, con capacidad de 500 barriles cada uno, posibilitando un manejo de aproximadamente 6000 barriles de crudo pesado por día; siendo esto equivalente a dos ciclos de tratamiento de dicha fase usando la capacidad ya mencionada. En relación al tiempo, se traduce que para cada ciclo cabe su realización en un máximo de 12 horas. A este tiempo es justo restar 4 horas, correspondientes al intervalo de tiempo que demora el descargue del crudo del carrotanque y su posterior cargue. De esta manera se obtiene un tiempo final de 8 horas en el que es posible el calentamiento de la fase pesada. Por efectos de tener en cuenta un margen de error en el tiempo, en caso de llegar a presentar situaciones no previstas, los autores tomarán como tiempo de calentamiento 6 horas.

Es preciso calcular entonces, cuántos BTU/hora debe proporcionar la caldera para que al cabo de 6 horas, pueda elevarse la temperatura de 86°F (temperatura

ambiente y mínima a la que fluye el crudo), hasta un aproximado de 130°F (temperatura de despacho) del fluido pesado contenido en el tanque. (Ver anexo 14)

Los resultados obtenidos de acuerdo a los cálculos efectuados, arrojan que la caldera que debe usarse, corresponde a 96.765 caballos de fuerza.

Una vez establecida las características de la caldera, según la cotización hecha a la empresa *Materiales Equipos y Repuestos S.A.S*, tiene un valor comercial alrededor de \$150.000.000 colombianos. Los coil de vapor, ya se encuentran instalados en los tanques, por lo que únicamente se contemplan los costos de adecuación con la caldera.

Cabe resaltar que esta mejora no representa una optimización del proceso, ni aumento en los ingresos económicos para la empresa, pero sí involucra y asegura perpetuar la operación. Debido a que esta mejora representa costos, es importante aclarar que el uso de la caldera sólo se hará cuando sea necesario.

En resumen se tiene que la opción más viable para emplear en la planta Río Chiquito, es el uso de una caldera en conjunto con un coil de vapor en los tanques, lo cual permite el calentamiento del crudo pesado, evitando así que se generen problemas en los tanques y en las tuberías que transportan este tipo de aceite.

#### **4.2 MEJORAS EN PROCESOS**

Como una posible mejora a los procesos propuestos por este trabajo de grado, está realizar una estandarización en las proporciones de mezcla, que permita

tener en cuenta los fundamentos teóricos de la ponderación de la gravedad API y BS&W para la dilución de crudo pesado con crudo liviano.

Dicha propuesta se apoya en cálculos establecidos para cada criterio. Inicialmente la ponderación de los mismos se realiza con el fin de estimar la calidad final de una mezcla de crudos, teniendo en cuenta el aporte individual de sus componentes.

Siendo que la gravedad API, no se mezcla linealmente, se debe estimar la gravedad específica y el aporte que cada uno de los crudos realiza a la mezcla. En consecuencia, es posible realizar el cálculo de los mismos, conociendo los barriles netos y la gravedad API a 60° F, de cada aceite que participe en tal dilución.

Por medio de las ecuaciones presentadas a continuación, este proyecto de grado formula un plan de mezcla para la planta de *blending* Río Chiquito:

- Ponderación de API:

Ecuación 1. 
$$SGU_{60/60^{\circ}F} = \frac{141,5}{131,5 + ^{\circ}API}$$

Ecuación 2. 
$$APORTE = \sum(SGU_{\frac{60}{60^{\circ}F}} * GSV)$$

Ecuación 3. 
$$SGU_{60/60^{\circ}F} PROMEDIO = \frac{APORTE}{\sum GSV}$$

Ecuación 4. 
$$^{\circ}API PROMEDIO = \left( \frac{141,5}{SGU_{\frac{60}{60^{\circ}F}} PROMEDIO} \right) - 131,5$$

A diferencia, la ponderación de BS&W, sí es posible realizarla de forma lineal, por tanto son usadas otras ecuaciones descritas a continuación.

- Ponderación de BS&W

Ecuación 1. 
$$APORTE = \sum BS\&W * GSV$$

Ecuación 2. 
$$BS\&W_{MEZCLA} = \frac{APORTE}{\sum GSV}$$

Teniendo en cuenta tal material de apoyo, este proyecto de grado presenta un plan de mezcla. De manera adicional, se anexa en formato Excel una tabla modificable en donde es posible calcular las proporciones de crudo pesado y crudo liviano que deben ser usadas para obtener un aceite final con condiciones mejoradas previamente establecidas por *CPP TESTING*.

Para ejecutar dichos cálculos programados por los autores de este proyecto, es indispensable conocer la capacidad del tanque en que se realizará el proceso de mezclado, del mismo modo, la gravedad API y porcentaje de BS&W a 60°F de cada crudo usado.

Para mostrar tal propuesta, se expone a continuación un ejemplo realizado con la caracterización de crudos de los Campos Tua y Celtis, mostradas en el capítulo 2, numeral 2.2 (ver tabla N° 44).

Al observar el ejemplo mostrado, se tiene que las proporciones de mezcla deben encontrarse cercanas a los 300 y 350 barriles de crudo pesado, para crudo liviano entre los 150 y 200 barriles (cabe tener presente que la capacidad del tanque son 500 Bbls totales), para obtener un crudo con gravedad API de 20 a 22° y BS&W de 0,25 a 0,275 finales.

Es importante aclarar que este plan de dilución, proporciona un cálculo de proporciones cercanas a las que deben usarse, para el cálculo exacto, deben realizarse iteraciones que brinden datos consecuentes a los resultados esperados. Aunque en la planta Río Chiquito se efectúe la operación de manera exitosa hasta el día de hoy de manera empírica, se resalta la importancia de establecer estándares de proporcionalidad para las mezclas.

Tabla 17. Ejemplo del procedimiento de mezcla siguiendo la técnica propuesta

<b>CÁLCULO PROPORCIONES DE MEZCLA DE CRUDOS TENIENDO EN CUENTA CAPACIDAD DE MEZCLA, GRAVEDAD API Y BS&amp;W</b>											
<b>CAPACIDAD DE MEZCLA [BCLS]</b>										500	
<b>GRAVEDAD API DE CRUDO PESADO A MEZCLAR [°API]</b>										15,3	
<b>GRAVEDAD API DE CRUDO LIVIANO A MEZCLAR [°API]</b>										35	
<b>SGU PARA CRUDO PESADO</b>										0,963896458	
<b>SGU PARA CRUDO LIVIANO</b>										0,84984985	
<b>BS&amp;W DE CRUDO PESADO [%]</b>										0,35	
<b>BS&amp;W DE CRUDO LIVIANO [%]</b>										0,1	
<b>RELACIÓN PESADO/LIVIANO</b>	<b>BCLS PESADO</b>	<b>BCLS LIVIANO</b>	<b>APORTE API PESADO</b>	<b>APORTE API LIVIANO</b>	<b>Σ APORTE API</b>	<b>SGU PROM</b>	<b>°API FINAL</b>	<b>APORTE BS&amp;W PESADO</b>	<b>APORTE BS&amp;W LIVIANO</b>	<b>Σ APORTE BS&amp;W</b>	<b>BS&amp;W FINAL</b>
90/10	450	50	433,753406	42,49249249	476,2458985	0,9524918	17,0577098	157,5	5	162,5	0,325
80/20	400	100	385,5585831	84,98498498	470,5435681	0,94108714	18,8580217	140	10	150	0,3
70/30	350	150	337,3637602	127,4774775	464,8412377	0,92968248	20,7025033	122,5	15	137,5	0,275
60/40	300	200	289,1689373	169,96997	459,1389073	0,91827781	22,5928004	105	20	125	0,25
50/50	250	250	240,9741144	212,4624625	453,4365769	0,90687315	24,5306416	87,5	25	112,5	0,225
40/60	200	300	192,7792916	254,954955	447,7342465	0,89546849	26,5178433	70	30	100	0,2
30/70	150	350	144,5844687	297,4474474	442,0319161	0,88406383	28,5563159	52,5	35	87,5	0,175
20/80	100	400	96,38964578	339,9399399	436,3295857	0,87265917	30,6480695	35	40	75	0,15
10/90	50	450	48,19482289	382,4324324	430,6272553	0,86125451	32,7952208	17,5	45	62,5	0,125

### **4.3 MEJORAS ESTRUCTURALES**

Aparte de Ampliar la capacidad de los containers, se debería instalar un área de limpieza de equipos de laboratorio, adjunta a este, así se logra dar más orden y confianza al proceso de toma de muestras que realizan en la planta Río Chiquito.

Los conductores de los carrotaques, tienen que esperar alrededor de dos a tres horas, para poder salir con el crudo mezclado, ello implica un tiempo considerable, es por esto que necesitan un área de espera ya que en la planta no existe dicho lugar y deben aguardar todo este tiempo en el costado noroeste bajo algunos árboles y en donde puedan sentarse.

También se consideró una mejora para el área de reuniones de personal, pues es un área muy reducida y no es completamente para este servicio; es necesario un lugar de esparcimiento apto para juntas, donde se cuente con las herramientas necesarias, para debatir situaciones que presente la empresa y requieran d una solución.

## 5. CONCLUSIONES

- La evaluación realizada obtiene resultados positivos en general. Se sugieren algunas revisiones en ítems como licencia ambiental, pues la obtenida por los autores en las diferentes visitas, no refiere del campo como tal, sino del material de arrastre con el que se propició el inicio de su construcción. Se considera que es de vital importancia tener vigente y establecida una licencia ambiental, pues aunque sea en mínima cantidad, se genera un impacto en el ambiente.
- Realmente es un proyecto muy bien ejecutado, lo cual se pudo evidenciar con la evaluación de la ingeniería básica a la planta de *blending* Río Chiquito, se evidencia el compromiso de toda una empresa por cumplir los parámetros de calidad y garantizar la seguridad de todo el personal que visita y trabaja allí.
- Por otra parte no existe un estándar de proporción de mezcla para la operación, dicha actividad se realiza de forma empírica. Hasta el momento no se han presentado inconvenientes de gran magnitud, pero los autores proponen establecer un plan que estandarice la mezcla de acuerdo a la capacidad de los tanques, gravedad API y porcentaje de BS&W empleados en el proceso de dilución.
- El proceso de *blending* realizado por *CPP TESTING* junto con las facilidades de superficie pertenecientes al mismo, garantizan a *PAREX RESOURCE*, el aprovechamiento de crudos livianos que contribuyan al mejoramiento de calidad de crudos pesados, en donde sea posible obtener el mayor aprovechamiento tanto económico como de las materias primas (aceites), para la empresa.

- El transporte de crudo es uno de los factores que más afecta el precio del crudo y las alternativas para dar solución a este problema en nuestro país son realmente escasas, reduciéndose al interior del territorio a los carrotanques y los oleoductos.
- La dilución, es una técnica que permite aprovechar el crudo pesado el cual desafía las facilidades de superficie, y el crudo liviano que se encuentra escaso y no hace rentable su extracción; al mezclarlos se obtiene un aceite mejorado, el cual es apto para moverse por cualquier medio incrementando las ganancias de las partes que intervengan en el proceso.
- Todos los proyectos de ingeniería debería ejecutarse en base al desarrollo conceptual, básico y de detalle, pues en cada etapa se puede evaluar la viabilidad del proyecto e ir avanzando hacia la ejecución del mismo, con el menor riesgo posible.

## 6. RECOMENDACIONES

- Este proyecto de grado recomienda próximas modificaciones a la tabla de proporciones de mezcla de crudos, que permitan la dilución de más de dos crudos, o modificaciones que posibiliten el cálculo exacto de la proporción de mezcla y establecer un estándar de dilución como guía para los operarios de la planta.
- Se recomienda para futuros estudios de esta planta, la recopilación de la información perteneciente a al diseño de una ingeniería básica, es decir, reunir la ingeniería de detalle, la básica presente en este documento y la ingeniería de detalle, pues dicho archivo no existe como tal, y los datos no se encuentran establecidos en los archivos de la empresa.
- Para proyectos futuros basados en la planta Río Chiquito, se recomienda hacer un presupuesto de la viabilidad técnico financiera de implementar un calentador para evaluar el beneficio de emplear dicho equipo.
- Desarrollar una herramienta informática que permita calcular el porcentaje óptimo de mezcla entre crudos pesados y livianos para obtener los porcentajes requeridos por cada cliente.

## BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO Romero Andrés. FLOREZ Quiroga César Augusto. “Desarrollo de un modelo computacional para el ajuste de la viscosidad de mezclas de crudo pesado y/o extrapesado con disolventes para transportar por oleoducto”. Trabajo de pregrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2010.

BELTRÁN Páez Edison. “Análisis costo beneficio para implementación de unidad recuperadora de vapores en campos productores de crudo pesado con dilución de Nafta”. Trabajo de grado de maestría en Ingeniería de Hidrocarburos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2011.

BOHORQUEZ Guerra Adriana Marcela. “Diagnóstico para la adecuación de facilidades de superficie en las estaciones de recolección y tratamiento de crudos pesados y extrapesados de los campos Apiay y Suria en la superintendencia de operaciones de Apiay de ECOPETROL S.A”. Trabajo de pregrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2012.

CHINCHILLA García César Augusto. “Diseño conceptual del sistema de recolección de crudo extrapesado San Fernando”. Trabajo de posgrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2009.

CUBIDES Rojas Laura Natalia. SÁNCHEZ Peña Paula Jimena. “Sensibilidad de las variables operacionales en el transporte de crudo pesado”. Trabajo de

pregrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2009.

LÓPEZ Usaquén Jairo Ernesto. “Principales problemas operacionales para el transporte de crudo pesado a través del oleoducto Velásquez-Galán y recomendaciones para sus posibles soluciones- Campo Velásquez”. Trabajo de pregrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2004

MONTERO Castañeda Lady Zamira. “Evaluación conceptual de alternativas para el transporte por oleoducto de crudos pesados producidos en los Llanos Orientales”. Proyecto de grado de Especialización en Gerencia de Hidrocarburos de la Escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2014.

OÑATE Morales José Aníbal. NAVAS Rodríguez Raúl Fernando. “Evaluación de las alternativas de transporte de crudo pesado por tuberías: caso aplicado al campo Rubiales”. Trabajo de pregrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2012.

PÉREZ Hernández César Gabriel. “Evaluación técnica–económica de un sistema de dilución de crudo pesado para su transporte entre las estaciones SDN-1 y BUEF-2, distrito sur San Tomé”. Trabajo de pregrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Oriente. Venezuela, 2006.

PLATA García Jesús Eduardo; ROMERO Quintero Christian Fernando. “Dilución en fondo de pozo para aumentar la producción de crudo pesado en campos colombianos”. Trabajo de pregrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2013.

QUINTERO Grimaldos Omar. Ruíz Villamizar Diego Armando. “Propuesta de ingeniería básica en instrumentación en la estación recolectora del campo Colorado”. Trabajo de pregrado de la escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2014.

RAMOS Lara Fabián. “Incremento de flujo de transferencia en oleoducto de crudos pesados mediante mezcla con diluyente en la estación shushufindi”. Trabajo de pregrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Ecuador, Quito, 2002.

SANABRIA Patiño Johana Carolina. BERMÚDEZ Cifuentes Iván Darío. “Análisis y diseño de las facilidades de superficie para manejo de crudos pesados y bituminosos (Campo Rubiales)”. Trabajo de pregrado de la escuela de Ingeniería de Petróleos de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, 2010.

## ANEXOS

### Anexo A. Fichas técnicas

Fichas técnicas elaboradas por los autores: Bomba centrífuga

Fuente: CPP TESTING S.A.S

	HOJA DE VIDA DE EQUIPOS		CPP-RE-MTO-003
	MAQUINARIA Y/O EQUIPO		Pág: 1 de 1
NOMBRE DEL EQUIPO: BOMBA CENTRÍFUGA CON MOTOR ELÉCTRICO		N° DE SERIAL DE LA BOMBA: 32354	
MODELO: N/A	MARCA: WEG/MCM	SERIE DE MOTOR: AE310F00290	
VOLTAJE: 440 V	MODELO: 250 X	CAPACIDAD: 450 GPM	DIAMETRO IMPELLER: 13
		TAMAÑO: 3X14X14	PESO: 400 Kg
USO DEL EQUIPO: ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO EN TANQUES VERTICALES DE 500 Bbls (TODOS LOS MÓDULOS)			
OBSERVACIONES: TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL NEMA 7, ARRANCADORES PARA 25 HP, DIRECTO, CONEXIÓN DE 440 VOLTIOS.			
<b>FOTOS DEL EQUIPO</b>			
			

## Fichas técnicas elaboradas por los autores: Bomba Tornillo

Fuente: CPP TESTING S.A.S

	<b>HOJA DE VIDA DE EQUIPOS</b>	<b>CPP-RE-MTO-003</b>				
<b>MAQUINARIA Y/O EQUIPO</b>		Pág: 1 de 1				
<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b> BOMBA TORNILLO		<b>N° DE SERIAL DE LA BOMBA:</b> B111979				
<b>MODELO:</b> 02518XT3E284T	<b>MARCA:</b> WEG/NETZCH	<b>SERIE DE MOTOR:</b> 1014594795				
<b>VOLTAJE:</b> 220/440 V	<b>MODELO:</b> NM076BY101L07J	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%;"><b>CAPACIDAD:</b> 250 GPM</td> <td style="width: 50%;"><b>RELACIÓN REDUCTOR:</b> 7,13:1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><b>TAMAÑO:</b> 6X6</td> <td style="text-align: center;"><b>PESO:</b> 500 Kg</td> </tr> </table>	<b>CAPACIDAD:</b> 250 GPM	<b>RELACIÓN REDUCTOR:</b> 7,13:1	<b>TAMAÑO:</b> 6X6	<b>PESO:</b> 500 Kg
<b>CAPACIDAD:</b> 250 GPM	<b>RELACIÓN REDUCTOR:</b> 7,13:1					
<b>TAMAÑO:</b> 6X6	<b>PESO:</b> 500 Kg					
<b>USO DEL EQUIPO:</b> ÁREA DE CARGADERO Y DESCARGADERO (TODOS LOS MÓDULOS)						
<b>OBSERVACIONES:</b> TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL NEMA 7, ARRANCADORES PARA 25 HP, DIRECTO, CONEXIÓN DE 440 VOLTIOS.						
<div style="border: 1px solid black; display: inline-block; padding: 5px 20px; margin: 0 auto;"> <b>FOTOS DEL EQUIPO</b> </div>						
						

Fichas técnicas elaboradas por los autores: **Generadores**

Fuente: *CPP TESTING S.A.S*

	<b>HOJA DE VIDA DE EQUIPOS</b>		<b>CPP-RE-MTO-003</b>
	<b>MAQUINARIA Y/O EQUIPO</b>		Pág: 1 de 1
<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b> GENERADORES		<b>SERIAL N°:</b> S/N 13042437	
POTENCIA: 300/375 KW	MARCA: DINGOL	RPM/HZ: 1800/60 Hz	
VOLTAJE: 400/230 V	MODELO: QSL9-G5	REFRIGERACIÓN Y REFRIGERACIÓN: Tubo cargado-enfr TAMAÑO: 114X145	
USO DEL EQUIPO: ÁREA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA Y ALMACENAMIENTO DIESELN			
OBSERVACIONES: EL CONSUMO DE DIESES DE ESTOS GENERADORES, VARÍA DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE AL QUE ESTÉ TRABAJANDO; SI TRABAJA AL 100% CONSUME 63 L/H, AL 75% CONSUME 46 L/H Y AL 50% CONSUME 31 L/H.			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;">FOTOS DEL EQUIPO</div> <div style="border: 2px solid black; padding: 10px; text-align: center; margin-top: 10px;">  </div>			

Fichas técnicas elaboradas por los autores: Compresores

Fuente: CPP TESTING S.A.S

	<b>HOJA DE VIDA DE EQUIPOS</b>		<b>CPP-RE-MTO-003</b>
	<b>MAQUINARIA Y/O EQUIPO</b>		Pág: 1 de 1
<b>NOMBRE DEL EQUIPO:</b> COMPRESORES	<b>POTENCIA DEL MOTOR:</b> 28.5-37.4 KW		<b>POTENCIA NOMINAL:</b> 102-145 Psig
MODELO DEL MOTOR: V1505-T-E	MARCA: KUBOTA	CONTROL DEL SISTEMA: MANUAL	
VOLTAJE: 220/440 V	MODELO DEL EQUIPO: DS185-7 & DS185-10	TAMAÑO 1&2: 2130x1100x1050 PESO: 1050 KG	
USO DEL EQUIPO: ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO EN TANQUES VERTICALES DE 500 BbLS (TODOS LOS MÓDULOS)			
OBSERVACIONES: CAPAZ DE CORRER DURANTE MUCHO TIEMPO EN CONDICIONES DE FRÍO O CALOR, Y MANEJAN TEMPERATURAS DESDE LOS -20 °C A 50 °C.			
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <b>FOTOS DEL EQUIPO</b> </div>			
			

## Anexo B. Descargue de crudos livianos

Fuente: CPP TESTING S.A.S

a) Equipos y accesorios necesarios para el cargue:

- Carro tanques
- Bombas de cargue
- Arnés de seguridad

b) Parqueo del vehículo y conexión:

De igual manera que el proceso de cargue, el conductor del carrotanque debe en primera instancia, poner el extintor al frente del vehículo para poder continuar con la operación.

**Imagen 1. Estación del vehículo en la zona de descarga**



- c) Verificar que el arnés y accesorios de seguridad utilizados se encuentren en buen estado.
- d) Indicar al conductor el lugar donde se va a estacionar el carro tanque.
- e) Verificar que se encuentre apagado el motor y el máster del carrotanque, que se encuentre puesto el freno de seguridad y se coloquen los elementos de seguridad “Extintor” frente al camión (ver imagen 15).
- f) Conectar al vehículo el cable de polo a tierra (ver imagen 29).
- g) Verificar que tenga puestos cada uno de los sellos y el estado de los mismos.

**Imagen 2. Apertura de las escotillas y cortinas.**



- h) Abrir las escotillas y cortinas e inspeccionar visualmente los compartimientos y la no presencia de residuos extraños (ver imagen 2).
- i) Tomar una muestra del fluido y enviarlas a laboratorio (ver imagen 3).
- j) Inspeccionar el estado de la manguera y los acoples.
- k) Verificar que todas las válvulas del vehículo estén en buenas condiciones y cerradas.
- l) Conectar la manguera a la válvula de descargue del vehículo (ver imagen 1).

**Imagen 3. Ladrón de fluidos.**



m) Bombas de cargue y descargue:

Se cuenta con dos bombas de cargue y descargue de crudo ubicadas frente a la zona de tanques de *blending*, las bombas succionan fluido del carro tanque y lo descargan por una línea que va a los tanques de *blending*, en caso de salir de servicio una de las dos Bombas, se puede alinear la succión y descarga de la bomba que quede en servicio de tal forma que se puede suplir la necesidad mientras se repara la otra.

n) Se debe verificar la alineación de la succión y descarga de las bombas de descargue de la siguiente manera:

- Abrir las válvulas en la línea de succión de la bomba descargue, 5 y 7 (ver imagen 4).
- Cerrar las válvulas en la línea de succión de la bomba descargue, 1, 4, 6, y 8 (ver imagen 4).
- Abrir las Válvulas en la línea de descarga de la bomba P-101 B, 13, 12 y 9 (ver imagen 5).

- Cerrar las válvulas en la descarga de la bomba P-101 B, 10, 11, 14, y 15 (ver imagen 5).
- o) Alineación de la Bomba: Sólo realizar esta alineación dado el caso que la Bomba salga de servicio
- Abrir las válvulas en la succión de la bomba P-101 A, 3, 4 y 7 (ver imagen 4).
  - Cerrar las válvulas en la succión de la bomba P-101 A, 1, 2, 5, 6 y 8 (ver imagen 4).
  - Abrir las Válvulas en la descarga de la bomba P-101 A, 9 y 11 (ver imagen 5).
  - Cerrar las válvulas en la descarga de la bomba P-101 A, 12 (ver imagen 5).

**Imagen 4. Válvulas (V), en la succión de las bombas P-101 A/B.**

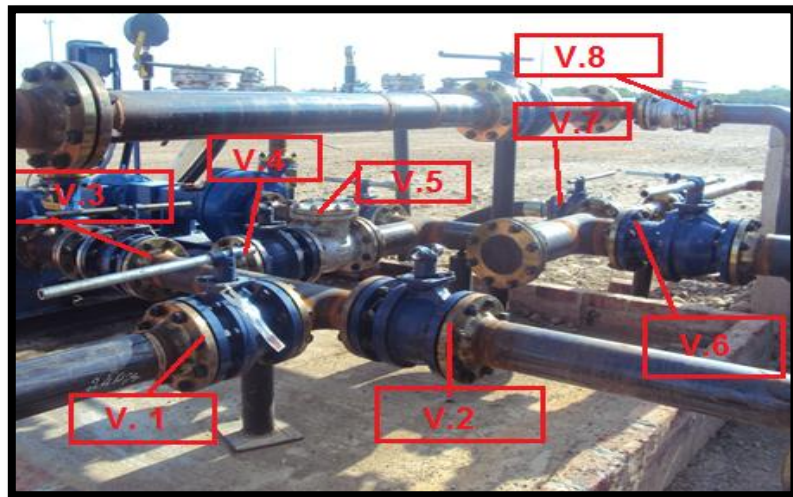
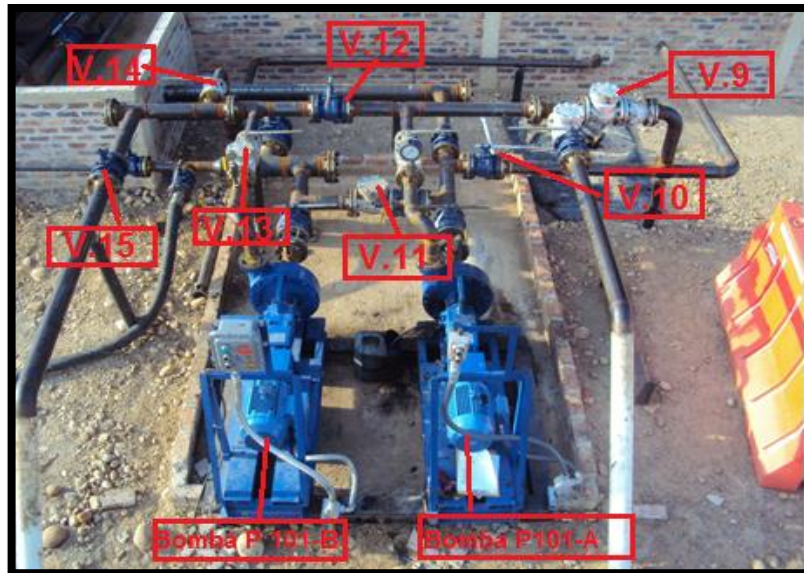


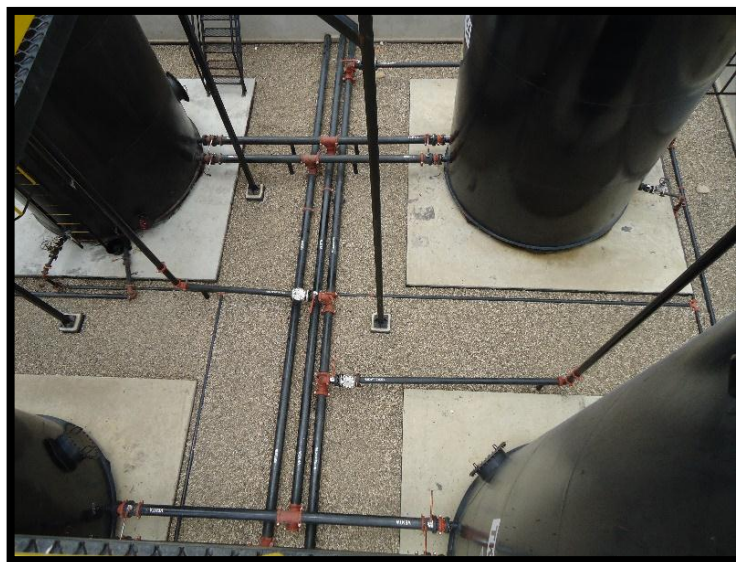
Imagen 5. Válvulas (V), en la Descarga de las bombas P-101 A/B.



- Las Bombas P-101 A/B Pueden ser alineadas para descargue de crudo en carro tanques.

p) Alineación de las líneas de Tanques de *blending*:

Imagen 6. Líneas de los tanques de *blending*.



**Imagen 7. Válvulas de entrada y salida de los tanques.**



**Imagen 8. Líneas de recibo, venta y recirculación de *blending*.**



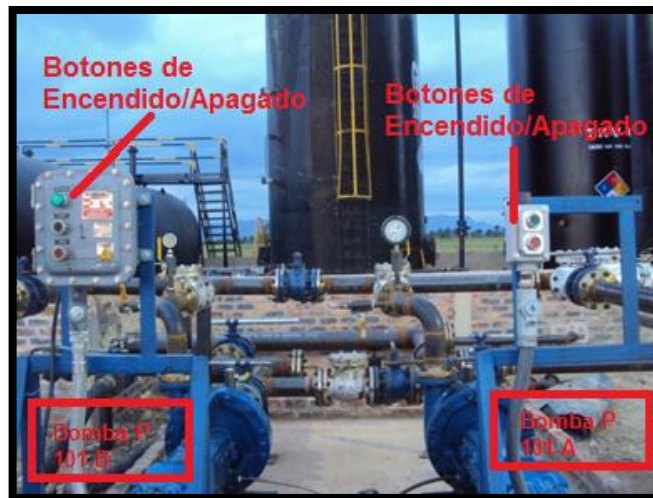
- q) Coordinar con el Operador a que tanque se le va a descargar el crudo.
- r) Verificar el nivel de fluido y que haya suficiente espacio en el tanque al que se va a descargar el crudo del carro tanque.

- s) Verificar que la válvula de entrada de la línea de descargue de crudo liviano del tanque a cargar se encuentre abierta y las válvulas de la misma línea de los demás tanques se encuentren cerradas.
- t) Verificar que las demás válvulas del tanque a cargar se encuentren cerradas.
- u) Verificar que la bomba de descargue no esté siendo usada en otro procedimiento.
- v) Descargue del carro tanque:  
Arrancar la bomba que ha sido alineada para el proceso de descargue, (Presionar el botón verde “**Encender**” de la caja de control) (ver imagen 10).  
Durante el tiempo que dure la descarga el auxiliar debe estar revisando continuamente los niveles de fluido de los compartimientos del vehículo y la continuidad del proceso.

Ya drenado el tanque se procede a:

- a) Apagar la bomba (Presionar el botón rojo “**Apagar**” de la caja de control) (ver imagen 9).
- b) Cerrar la válvula de descarga del carro tanque y la válvula 7 (ver imagen 4).
- c) Cerrar la válvula de entrada del tanque de *blending* en el que fue descargado el fluido.
- d) Retirar y drenar la manguera de descarga.
- e) Cerrar escotillas y cortinas.
- f) Desconectar el cable de polo a tierra del vehículo.
- g) Avisar al conductor que el procedimiento ha terminado para retirar el vehículo de la zona de descarga.
- h) Fiscalizar el tanque de *blending* donde fue descargado el fluido.
- i) Registrar la información del estado del tanque
- j) Limpiar y ordenar el lugar.

**Imagen 9. Botones de Encendido/Apagado de las Bombas P-101 A/B.**



El conductor del vehículo no está autorizado para la operación de válvulas, mangueras e interruptores, su función se basa solo en el parqueo del vehículo para el descargue.

a) Consideraciones de HSE:

- Elementos de protección personal: el personal encargado de realizar esta operación debe hacer uso de los elementos de protección personal requeridos como son: Overol, Casco de seguridad, botas de seguridad, gafas de seguridad, guantes de vaqueta y arnés de seguridad.

b) Medidas de seguridad:

- Personal nuevo que llegue al campo debe pasar por la inducción HSE.
- Personal con certificación vigente alturas.
- Durante el ingreso y permanencia en el área de proceso está prohibido fumar.
- El uso de teléfonos celulares es restringido.
- En los procedimientos del campo debe haber conocimiento y coordinación entre el auxiliar encargado de la actividad y el operador del campo.

- Toda persona que suba a la batea del vehículo debe usar arnés de seguridad.

c) Medidas de control ambiental:

- Los residuos generados por el mantenimiento de estos equipos se manejan de acuerdo al plan de manejo y disposición de residuos del campo.
- Realizar limpieza general del sitio para contribuir con el buen desempeño de las actividades que se realizan en este lugar.
- Todos los vehículos que permanezcan en la operación debe contar con la revisión técnico mecánica vigente si aplica.

## **Anexo C. Procedimiento de descargue de crudos pesados**

Fuente: *CPP TESTING S.A.S*

a) Equipos y accesorios:

- Carro tanque.
- Manguera de descargue.
- Arnés de seguridad.
- Bombas tornillo

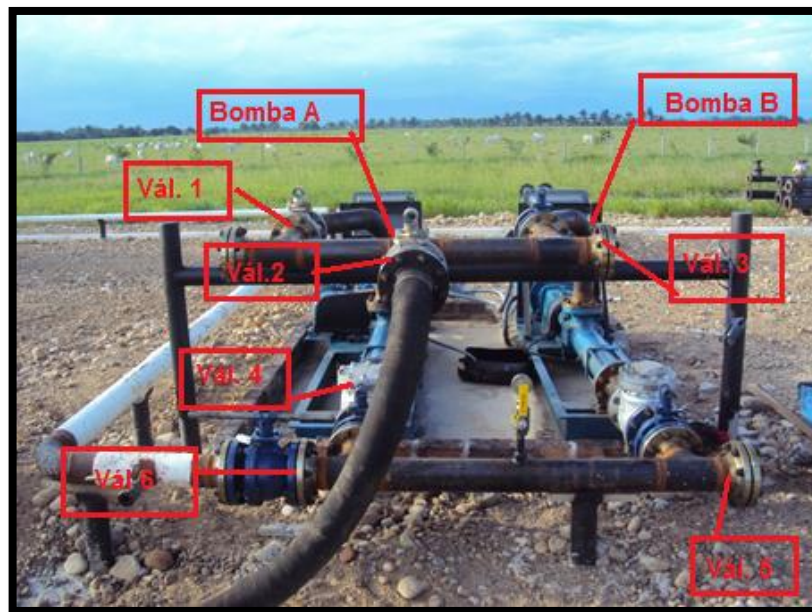
b) Parqueo del vehículo y conexión:

De igual manera que el proceso de cargue, el conductor del carrotanque debe en primera instancia, poner el extintor al frente del vehículo para poder continuar con la operación (ver imagen 1).

- c) Verificar que el arnés y accesorios de seguridad utilizados se encuentren en buen estado.
- d) Inspeccionar el estado de la manguera y los acoples.
- e) Indicar al conductor el lugar donde se va a estacionar el carro tanque.
- f) Verificar que se encuentre apagado el motor y el máster del carro tanque, que se encuentre puesto el freno de seguridad y se coloquen los elementos de seguridad “Extintor” frente al camión (ver imagen 15).
- g) Verificar que el arnés y accesorios de seguridad utilizados se encuentren en buen estado.
- h) Conectar al vehículo el cable de polo a tierra (ver imagen 16).
- i) Verificar que tenga puestos cada uno de los sellos y el estado de estos.
- j) Verificar que todas las válvulas del vehículo estén en buenas condiciones y cerradas.
- k) Conectar la manguera a la válvula de descargue del vehículo (ver imagen 1).

- l) Quitar sellos, abrir escotillas y cortinas e inspeccionar visualmente los compartimientos y la no presencia de residuos extraños (ver imagen 2).
- m) Tomar una muestra del fluido y envié a laboratorio, la muestra debe ser tomada a la altura media del compartimiento de arriba hacia abajo para que sea representativa.
- n) Bombas de descargue de crudo pesado: se cuenta con dos Bombas tipo tornillo las cuales cumplen la función de succionar del carro tanque crudo pesado y descargarlo por una línea que va a los tanques de *blending*. Alinear la Bomba con la que se va a realizar la descarga

**Imagen 10. Bombas de descargue de crudo pesado.**



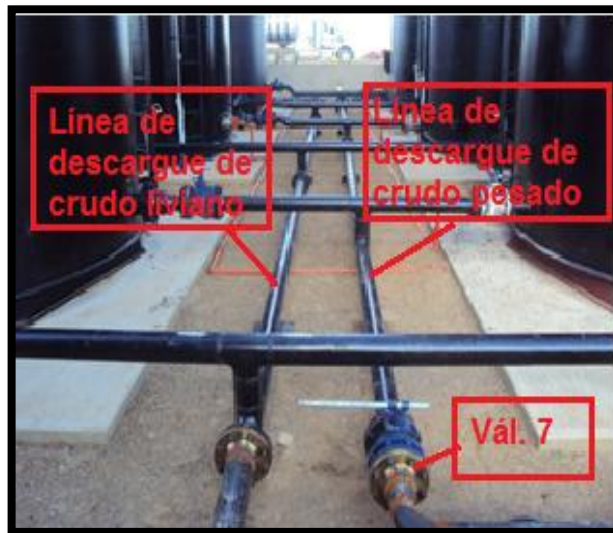
- o) Alineación de las Bombas:
  - Abrir las válvulas 1, 2, 4 y 6 (ver imagen 10).
  - cerrar las válvulas 3 y 5 (ver imagen 10).
- p) Alineación de las Bombas:
  - Abrir las válvulas 1, 3, 5 y 6 (ver imagen 10).

- cerrar las válvulas 2 y 4 (ver imagen 10).

Se debe tener en cuenta que se trabaja con una bomba dejando la otra de backup.

q) Alineación de las líneas de Tanques de *blending*:

**Imagen 11. Alineación de las válvulas de los tanques**



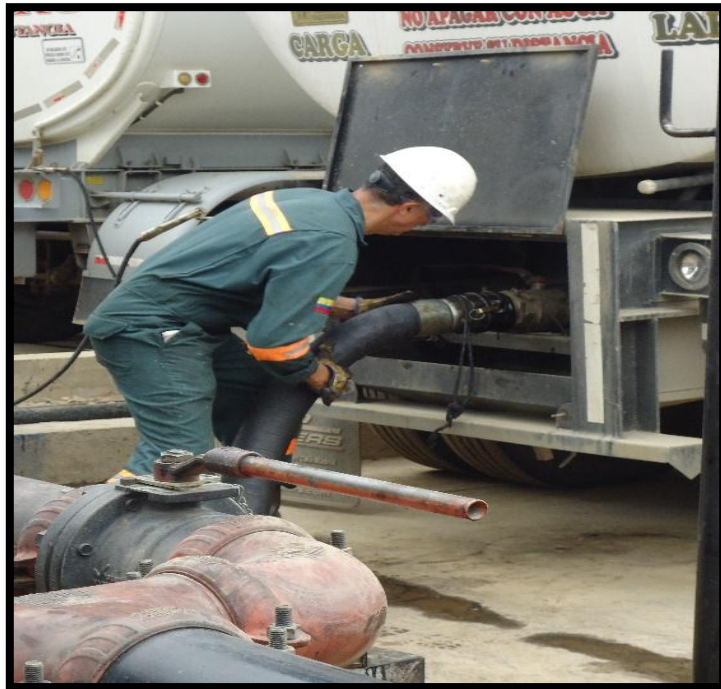
r) Alineación de las válvulas de los tanques:

- Coordinar con el operador a que tanque se va a descargar el crudo.
- Verificar nivel de fluido del tanque al que se va a descargar el crudo del carro tanque.
- Verificar que la válvula de entrada de la línea de descarga de crudo pesado del tanque a cargar se encuentre abierta y las válvulas de la misma línea de los demás tanques se encuentren cerradas.
- Verificar que las demás válvulas del tanque a cargar se encuentren cerradas.
  - Verificar que la válvula 7 se encuentre cerrada (ver imagen 11)

s) Descargue del carro tanque:

- t) Arrancar la bomba que ha sido alineada para el proceso de descargue, (Presionar el botón verde “Encender” de la caja de control) (ver imagen 13).
- u) Durante el tiempo que dure la descarga el auxiliar debe estar revisando continuamente los niveles de fluido de los compartimientos del vehículo y la continuidad del proceso.

**Imagen 12. Descargue de crudo pesado.**



- v) Una vez drenado el tanque se debe proceder a:
- Apagar la bomba (Presionar el botón rojo “**Apagar**” de la caja de control) (ver imagen 13).
  - Cerrar la válvula de descarga del carro tanque y la válvula 1 (ver imagen 5).
  - Cerrar la válvula de entrada del tanque de *blending* al que fue descargado el fluido.
  - Retirar y drenar la manguera de descarga.

- Cerrar escotillas y cortinas.
- Desconectar del vehículo el cable de polo a tierra. Avisar al conductor que el procedimiento ha terminado para retirar el vehículo de la zona de descarga.
- Fiscalizar el tanque de *blending* donde fue descargado el fluido, limpiar y ordenar el lugar.

El conductor del vehículo no está autorizado para la operación de válvulas, mangueras e interruptores, su función se basa solo en el parqueo del vehículo para el descargue.

**Imagen 13. Botones de Encendido/Apagado de las Bombas.**



a) Consideraciones de HSE:

- Elementos de protección personal: El personal encargado de realizar esta operación debe hacer uso de los elementos de protección personal requeridos como son: Overol, Casco de seguridad, botas de seguridad, gafas de seguridad, guantes de vaqueta y arnés de seguridad.

b) Medidas de seguridad:

- Personal nuevo que llegue al campo debe pasar por la inducción HSE.
- Personal con certificación vigente alturas.
- Durante el ingreso y permanencia en el área de proceso está prohibido fumar.
- El uso de teléfonos celulares es restringido.
- En los procedimientos del campo debe haber conocimiento y coordinación entre el auxiliar encargado de la actividad y el operador del campo.
- Toda persona que suba a la batea del vehículo debe usar arnés de seguridad.

c) Medidas de control ambiental:

- Los residuos generados por el mantenimiento de estos equipos se manejan de acuerdo al plan de manejo y disposición de residuos del campo.
- Realizar limpieza general del sitio para contribuir con el buen desempeño de las actividades que se realizan en este lugar.
- Todos los vehículos que permanezcan en la operación debe contar con la revisión técnico mecánica vigente si aplica.

## Anexo D. Procedimiento de cargue del crudo

Fuente: *CPP TESTING S.A.S*

- a) Equipos y accesorios necesarios para el cargue
- Carro tanques
  - Bombas de cargue
  - Arnés de seguridad
- b) Alineación de las líneas de tanques de *blending*
- Coordinar con el Operador, que tanque se va a descargar.
  - Verificar que el tanque que se va a descargar este fiscalizado (medida del fluido del tanque, Toma de temperatura, de muestras, Pruebas de laboratorio, entre otros).
  - Verificar que la válvula de la línea de salida de descargue de *blending* del tanque a desocupar se encuentre abierta y las demás válvulas de la misma línea de los demás tanques se encuentren cerradas.
  - Verificar que las demás válvulas del tanque a descargar se encuentren cerradas.
  - Verificar que las bombas de cargue no estén siendo usadas en otro procedimiento, de estarlo coordinar la operación
- c) Bombas de cargue y descargue: Se cuenta con bombas de cargue y descargue de crudo ubicadas frente a la zona de tanques de *blending*, cada bomba succiona fluido de los tanques de dilución y lo descarga, llevando así el fluido a la bahía de cargue de carro tanques. Cada Bomba tiene su propia línea de descarga, en caso de salir de servicio, una de las dos Bombas, se puede alinear a la succión y descarga de la bomba que queda en servicio, de tal forma que se puede suplir la necesidad mientras se repara la otra.

d) Se procede a verificar la alineación de la succión y descarga de las bombas de cargue:

- Abrir las válvulas en la succión de la bomba
- Cerrar las válvulas en la succión de la bomba
- Abrir las Válvulas en la descarga de la bomba
- Cerrar las válvulas en la descarga de la bomba

e) Alineación de la Bomba P-101 B.

- Abrir las válvulas en la línea de succión de la bomba P-101 B, 1, 4 y 5
- Cerrar las válvulas en la línea de succión de la bomba P-101 B, 2, 3, 6, 7 y 8
- Abrir las Válvulas en la línea de descarga de la bomba P-101 B, 13, 12 y 10
- Cerrar las válvulas en la descarga de la bomba P-101 B, 9,10, 11, 14, y 15
- Se debe tener en cuenta que las Bombas P-101 A/B Pueden ser alineadas para descargar crudo liviano.

f) Bahías de cargue de la planta Río Chiquito:

- Verificar que el arnés y accesorios de seguridad utilizados se encuentren en buen estado.
- Verificar que se encuentren limpias las bahías de cargue y que todos los equipos de trabajo se encuentren en sus respectivos sitios de trabajo.
- Verificar el estado de la manguera de cargue y que no hayan fugas.

En la imagen N° 14 se puede observar una de las tres Bahías de descarga de la planta de río chiquito, con un carrotanque en posición, en la imagen N° 15 se pueden apreciar los extintores delante de los carrotanques como medida de seguridad.

**Imagen 14. Bahía de cargue de la planta Río Chiquito**



La imagen N° 16 se puede observar el polo a tierra y en la imagen 27 se puede observar la válvula de descarga. En todo el proceso se debe:

- a) Ayudar al conductor a estacionar el carro tanque sobre la bahía en la que se va a realizar el cargue.
- b) Verificar que se encuentre apagado el motor y el máster del carro tanque, que se encuentre puesto el freno de seguridad y se coloquen los elementos de seguridad “Extintor” frente al camión. Conectar el carro tanque al sistema polo a tierra (ver imagen 16).
- c) Verificar que las válvulas del carro tanque se encuentren en buenas condiciones y cerradas “Descarga” (ver imagen 17).

**Imagen 15. Carrotanques en las bahías, con su respectivo extintor**



- d) Cargue del carro tanque: verificar la cantidad de barriles se van a cargar en el carro tanque teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

*Peso del carrotanque con carga*

$$= \text{Peso del carrotanque vacío} + (\text{BBLs} * \text{Peso del BBL})$$

**Imagen 16. Polo a tierra conectado a los carrotanques.**



**Imagen 17. Revisión y postura de sellos para el despacho del carrotanque.**



Para la planta de Río Chiquito se tienen un peso máximo permitido del carro tanque con carga según los ejes de la siguiente manera:

- 2 ejes 43300 Kg

- 3 ejes 49200 Kg

**Imagen 18. Carro tanques de izquierda a derecha, de dos ejes y tres ejes**



- e) Asegurar el arnés de seguridad a la línea de vida.
- f) Abrir las cortinas y escotillas para inspeccionar visualmente los compartimientos y verificar que no haya presencia de residuos extraños.
- g) Inspeccionar que las escotillas y válvula de salida tengan los Precintos metálicos representativos del cliente.
- h) Acondicionar la manguera de descarga en la escotilla que se va a utilizar, asegurar la manguera a la escotilla de tal forma que no se vallan a presentar derrames o inconvenientes (ver imagen 20).
- i) Abrir las válvula de la manguera de cargue (ver imagen 21).
- j) Arrancar la Bomba con la que se va a realizar el cargue del vehículo, (previamente alineada), Presionar el botón (verde) de arranque (ver imagen 21).
- k) inspeccionando visualmente el paso de fluido entre los compartimientos y que no haya fugas de fluido.

**Imagen 19. Escotilla del carrotanque**



**Imagen 20. Manguera asegurada en la escotilla del carrotanque.**



Durante el tiempo que dure el cargue el asistente de operaciones debe estar revisando continuamente los niveles de fluido de los compartimentos del vehículo y coordinar con su compañero, la medición del tanque de *blending* que se está descargando.

**Imagen 21. Válvula de la manguera de carga**



Una vez se ha cargado el tanque se debe proceder a:

- a) Apagar la bomba cuando el volumen se haya completado.
- b) Cerrar las válvulas de la manguera de carga (ver imagen 21).
- c) Drenar la manguera del brazo de carga y desconectarla del carro tanque, ubicarla en su sitio.
- d) Cerrar las cortinas y las escotillas del carro tanque.

**Imagen 22. Sellos de la salida de la escotilla del carro**



**Imagen 23. Sello en la válvula del carrotanque**



- e) Colocar los respectivos sellos en cada escotilla y en la válvula de salida del carro tanque (ver imagen 48 y 49).
- f) Desconectar el polo a tierra del carro tanque.
- g) Indicar al conductor la salida del carro tanque del área de cargue.

- h) Dirigir el conductor a la oficina del operador para la respectiva liquidación del volumen despachado.
- i) Registrar e imprimir la hoja guía de despacho
- j) Registrar el estado del tanque
- k) Limpiar y ordenar el lugar.

El conductor del vehículo no está autorizado para la operación de válvulas, mangueras e interruptores, su función se basa sólo en el parqueo del vehículo para el cargue.

a) Consideraciones HSE

- Elementos de protección personal: El personal encargado de realizar esta operación debe hacer uso de los elementos de protección personal requeridos como son: Overol, Casco de seguridad, botas de seguridad, gafas de seguridad, guantes de vaqueta y arnés de seguridad.

b) Medidas de seguridad:

- Personal nuevo que llegue al campo debe pasar por la inducción HSE.
- Personal con certificación vigente en alturas.
- Durante el ingreso y permanencia en el área de proceso está prohibido fumar.
- El uso de teléfonos celulares es restringido.
- En los procedimientos del campo debe haber conocimiento y coordinación entre el auxiliar encargado de la actividad y el supervisor del área de *blending*.
- Toda persona que suba a la batea del vehículo debe usar arnés de seguridad.

c) Medidas de control ambiental:

- Los residuos generados por el mantenimiento de estos equipos se manejan de acuerdo al plan de manejo y disposición de residuos del campo.
- Realizar limpieza general del sitio para contribuir con el buen desempeño de las actividades que se realizan en este lugar.
- Todos los vehículos que permanezcan en la operación debe contar con la revisión técnico-mecánica vigente si aplica.

## **Anexo E. Plan de Manejo Ambiental**

Fuente: *CPP TESTING S.A.S*

Para la planta Río Chiquito, existe la resolución N° 200.41-11.1844 de 4 de Noviembre de 2011, en la que se considera que el material de arrastre del Río Charte, será utilizado en la construcción de la locación de la planta.

### **Descripción del proyecto**

Para este proyecto, se reseñan las condiciones de extracción del material de arrastre del Río Charte para mitigar el impacto ambiental, y al mismo tiempo permitir la construcción de la planta cumpliendo acciones legales requeridas.

### **Generalidades**

El PMA para la explotación de material de arrastre del río Charte, en la vereda Bella Vista, corregimiento el Charte, municipio Yopal, departamento del Casanare.

### **Localización**

El proyecto denominado mina barranquilla está ubicado a 950 metros aguas abajo del puente Charte de la vía marginal de la selva, con un área de 11 hectáreas y 5579.5 m<sup>2</sup> como lo muestran las siguientes coordenadas con origen 3° este:

**Tabla 1. Coordenadas del polígono de legalización minera FLU-088<sup>a</sup>**

<b>Punto inicial</b>	<b>Coordenada norte</b>	<b>Coordenada este</b>
P.A	1.073.260	843.870
1	1.073.219	846.324
2	1.073.121	846.534
3	1.073.064	846.470
4	1.072.985	846.384
5	1.072.769	846.279
6	1.072.708	846.795
7	1.073.214	846.479

La vía de acceso al área de interés se da por la vía marginal de la selva a 13.2 Km del municipio de Yopal en dirección a aguazul, de donde se desprende del sector izquierdo un carreteable<sup>16</sup> de 2,3 Km hasta alcanzar la entrada del proyecto.

### **Área de influencia del proyecto**

Definida por el espacio geográfico en donde interactúan los diferentes elementos biofísicos y socioeconómicos, allí se manifiestan los impactos ambientales originales por las diferentes actividades del proyecto.

Los efectos contemplados son la extracción, cargue y transporte de material. En esta zona, el río Charte presenta formación de barras laterales e islas que ocasionan el direccionamiento del flujo hídrico hacia las márgenes, originando procesos de socavación en el talud de la margen izquierda. Aunque esta zona cuenta con abundante vegetación protectora que proporciona amarre al suelo, el golpe del agua, en periodos de lluvias, causa ablandamiento del material. El señor Alejandro Jiménez quien solicitó el permiso, está acomodando los sobretamaños

---

<sup>16</sup>Vía sin pavimentar destinada a la circulación de vehículos.

(diámetro > 80 cm) sobre la base del talud de la margen izquierda del río en el área de explotación, a fin de minimizar la socavación.

## **Descripción y caracterización ambiental de la zona de estudio**

### **Componente abiótico**

a) Peligros potenciales en el proceso:

- Erosión
- Movimientos en masa
- Riesgo sísmico

b) Geología: la zona de solicitud ha determinado: acentuado proceso erosivo generado en el plioceno, con levantamientos y plegamientos que generan la cordillera oriental, posteriormente agentes modeladores dieron origen al paisaje que se observa hoy, correspondiente a montaña, pie de monte y planicie aluvial.

c) Geomorfología: paisajes de terrazas conformadas por material aluvial, con relieve plano, ligeramente ondulado, con abundante pedregosidad sectorizada.

d) Análisis de las crecientes: se determinan los posibles caudales de diseño, de acuerdo a las características de la corriente y el tipo de obra.

e) Clima: tipo monomodal (tiene un periodo de lluvias establecido desde abril y se prolonga hasta el mes de noviembre).

f) Temperatura: varían desde 18° C (Junio-Julio) a 28° C (Febrero).

g) Aire: partículas de hollín, óxidos de azufre y CO<sub>2</sub> producto de la maquinaria pesada y transporte, pero la emisión es baja y transitoria.

h) Ruido: emisiones de ruido en el área de influencia por las actividades mismas de extracción del material en el sitio de la movilización de volquetas.

i) Componente hídrico: río Charte, con el caudal más alto para el mes de Marzo.

### **Componente biótico**

- Bosque húmedo montano bajo
- Bosque húmedo premontano
- Bosque húmedo tropical

### **Método de explotación actual**

Las labores de explotación se realizan a cielo abierto de forma mecánica y continua:

- a) Extracción continua: ampliación del cauce del río
- b) Producción: solo durante la época de verano se puede extraer el material de esta solicitud (16000 m<sup>3</sup>),
- c) Beneficio: para los beneficios de los materiales pétreos extraídos del río Charte, se requiere de un montaje muy sencillo, donde se utilizará una zaranda metálica la cual se le coloca a las volquetas al momento de extraer el material.
- d) Acceso: la fuente de materiales, está ubicada cerca de la vía de acceso y se encuentra en buen estado.
- e) Vida útil: la carga promedio anual es de 690,515 m<sup>2</sup> y la producción anual es de 16000 m<sup>3</sup>, por lo cual se calcula que se podrá extraer de manera continua unos 30 años.

### **Seguridad minera**

#### **Riesgos físicos**

El ruido representa un riesgo físico, pero con el levantamiento en campo se pudo determinar que este factor no presenta mayor incidencia para el bienestar de los empleados. Este se presenta principalmente en las vías de circulación internas y externas y patio de acopio.

## **Riesgos químicos**

El material particulado, representa un riesgo químico y según el estado se pudo experimentar en campo que el polvo es uno de los principales factores de riesgo. Con el fin de ser específicos se pueden mencionar algunos de los lugares de mayor afectación como los patios de acopio y las vías de acceso, pudiendo causar los siguientes efectos nocivos:

- Afecciones al sistema respiratorio
- Contaminación ambiental

## **Riesgos mecánicos**

- a) Maquinaria: volquetas y retroexcavadoras
- b) Manejo de herramientas manuales: golpes, machucones por el manejo de cajas, algunas herramientas y equipos sencillos.
- c) Posturas inadecuadas: personal que labora en la cabina de las volquetas
- d) Sobreesfuerzos físicos: operaciones de extracción y en el cargue de las volquetas

## **Riesgos locativos**

- a) Falta de señalización: debido a las crecidas del río no se tienen establecidos puntos de señalización, pero esta acción debe revertirse pronto.
- b) Crecidas súbitas del río: plan de emergencias e inducción antes de comenzar las labores.
- c) Riesgos eléctricos: equipos y demás maquinaria que pueda generar lesiones a los operadores.

## **Riesgos psico-sociales**

- a) Trabajo monótono: personal administrativo y operativo
- b) Riesgo por falta de elementos de protección:

## **Zonificación ambiental**

- a) Áreas susceptibles a intervención sin ninguna restricción: no se tienen restricciones para explotación a cielo abierto, pero se debe dar un manejo adecuado en superficie y desarrollar las obras programadas en este estudio.
- b) Áreas exclusión a cualquier tipo de intervención directa: son aquellas zonas donde la flora y la fauna, suelos y aguas no deben ser intervenidos directamente.

## **Identificación y evaluación de impactos**

Se tiene en cuenta todo el proceso:

- Adecuación y mantenimiento a la vía de acceso
- Arranque: extracción del material
- Cargue y descargue
- Cierre y restauración ambiental

Después de revisarse este PMA, se efectuaron algunas consideraciones finales como la siguiente: (toda la licencia ambiental puede ser vistas en el expediente N° 500.19.11-115, resolución N° 200.41-11.1844 del 04 NOV de 2011):

Como medida de compensación el señor Alejandro Jiménez Ojeda, deberá efectuar la reforestación protectora de dos hectáreas cada cinco años, con especies nativas de la región como medida de compensación ambiental por los impactos generados que no puedan ser evitados, corregidos, mitigados o

sustituídos en el desarrollo del proyecto, para lo cual deberá concertar con CORPORINOQUIA durante el primer año de vigencia del Plan de Manejo Ambiental para su posterior ejecución, en el área y la forma como se llevará a cabo dicha compensación, teniendo en cuenta lo establecido en la resolución N° 200.15.04-0679 de Diciembre de 2014 y los lineamientos contenidos en las resoluciones No. 659 de 17 de noviembre de 2000 y 200.15.05.0678 de 14 de Diciembre de 2014, o aquellas que las modifiquen o sustituyan.

El señor Alejandro Jiménez Ojeda será responsable por cualquier daño o deterioro causado al medio ambiente en el desarrollo del proyecto para lo cual, deberá implementar medidas correctivas e informar de inmediato a CORPORINOQUIA.

## Anexo F. Certificado de Registro Minero

Fuente: CPP TESTING S.A.S

**EL JEFE DE LA OFICINA LEGAL AMBIENTAL DE CORPORINOQUÍA.**

**CERTIFICA:**

En la fecha se deja constancia que en la resolución No 200.41.11-1634 de fecha 14 de octubre de 2011, "Por medio de la cual se impone un plan de manejo ambiental a la minería de hecho amparada bajo el programa de legalización, regida bajo el Decreto 2390 de 2002, radicada por el Señor ALEJANDRO RAFAEL JIMENEZ OJEDA, para materiales de construcción del río Charte, jurisdicción de los municipios de Yopal y Aguazul, Departamento de Casanare"; dentro del proceso de licencia ambiental No. 500.19.11.116, se notificó personalmente el día 14 de octubre de 2011, quedando debidamente ejecutoriada y en firme el día 24 de octubre de 2011, conforme a lo establecido en el numeral tercero del artículo 62 del Código Contencioso Administrativo.

Yopal, 02 de noviembre de 2011,

**WILLIAN HERNANDO PUERTO GONGORA**  
Jefe Oficina Legal Ambiental (E)

Proyecto: Aseneth R / O.L.A.

Sede Principal Yopal: Cra. 23 N°. 18-31 Tels (8) 635 8588 Telefax (8) 632 2623  
Subsede Arauca: Cra. 25 N°. 15-69 Tels (7) 885 2026 – (7) 885 3939  
Subsede La Primavera: (8) 566 2504 – (7) 566 2509  
Unidad Ambiental Cúqueza: Cra. 25 Calle 6 Esquina Segundo Piso Tel (1) 848 1022  
E-mail: [direccion@corporinoquia.gov.co](mailto:direccion@corporinoquia.gov.co); [controlinterno@corporinoquia.gov.co](mailto:controlinterno@corporinoquia.gov.co)  
[www.corporinoquia.gov.co](http://www.corporinoquia.gov.co)

**Anexo G. Certificado de Legalización de explotación de materiales.**

Fuente: *CPP TESTING S.A.S*

Yopal, 27 de Marzo de 2014

**A QUIEN INTERESE**

**REF: CERTIFICADO DE LEGALIZACIÓN DE EXPLOTACIÓN DE MATERIALES**

Mediante la presente el señor **ALEJANDRO JIMENEZ OJEDA** identificado con Cedula de ciudadanía número 7.451.951, titular del contrato de concesión FLU-088A certifica: que la empresa **CAMPER GAS S.A.S.** con NIT: 900.350.244 - 6, ha comprado material clasificado como se describe a continuación, el cual fue explotado y suministrado del título minero FLU-088A el cual se encuentra vigente y en ejecución, bajo licencia ambiental No. 500.19.11.115 según resolución No. 200.41.11-1844 de fecha 14 de octubre de 2011.

904 m3 Crudo de rio

2346 m3 Sub base clasificada


Anexos:

- Constancia de inscripción en el Registro Minero Nacional del Contrato de Concesión.
- Certificado de Registro Minero
- Certificación de Licencia Ambiental
- Resolución 200.41-11.1844 de fecha 04 noviembre de 2011, perteneciente al expediente No. 500.19.11-115.

Nota: esta información se puede verificar directamente en la página de la Agencia Nacional de Minería, donde encontrara los títulos otorgados en los años 2012 y 2013; el Título FLU-088A expedido en el año 2013, lo encontrara relacionado en el siguiente enlace en la página 55 del documento.

<http://www.anm.gov.co/sites/default/files/Documentos/titulosotorgados2013.pdf>

Para constancia se firma a los veintisiete 27 días del mes de Marzo de 2014.

  
**ALEJANDRO JIMENEZ OJEDA**  
C.C. 7.451.951

## Anexo H. Caracterización de crudo liviano MARACAS

Fuente: CPP TESTING S.A.S

<b>PARÁMETROS</b>	<b>CRUDO</b>
Densidad a 15°C, kg/m <sup>3</sup>	830,5
°API	38,8
Bbls/mt	7,587
Acidez, mg KOH/g	<0.1
Azufre, wt%	1,140
Sulfuro de Hidrogeno, mg/kg	<1
Mercaptano de Azufre, mg/kg	147
Viscosidad, cSt at 10 °C{	6,4
50 °C	2,8
Punto de fluidez, °C	-18
Nitrógeno, wt%	0,044
Cera, wt%	3,1
RVP at 37.8 °C, kPa	32
Agua, vol%	0,1
NaCl, mg/kg	5,0
Niquel, mg/kg	0,8
VanadiO, mg/kg	1,7
Hierro, mg/kg	16,0
Mercurio, µg/kg	2,9

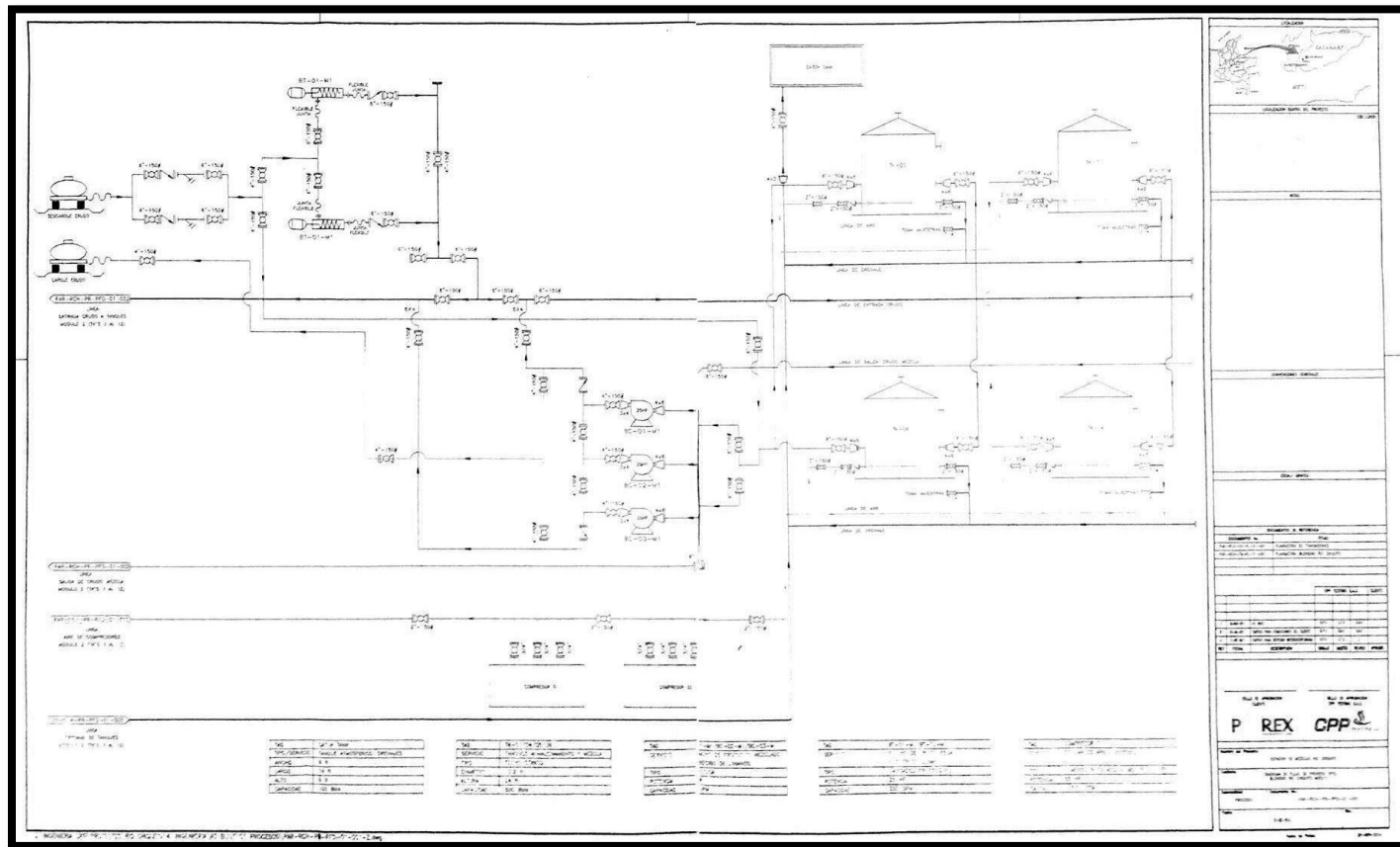
### Anexo I. Caracterizacion de crudo pesado TUA

Fuente: CPP TESTING S.A.S

<b>PARÁMETROS</b>	<b>CRUDO</b>
API 15,6 ° C (60 °F)	13,4
Densidad a 15 °C	0,9757
Azufre (%w)	2,095
Microcarbono residual (%W)	1,02
Punto de fluidez (° C)	42
Heptano insoluble (\$ %)	0.07
Factor K (UOP)	11,49
Temperatura 1° C	80
Viscosidad cinemática @ t1 °C (cSt)	125,70
Temperatura 2° C	100
Viscosidad cinemática @ t2 °C (cSt)	45,55
V50	34,13
Vanadio (ppm)	0,657
Níquel (ppm)	0,186

## Anexo J. Diagrama de flujo de procesos del módulo uno de la planta Río Chiquito.

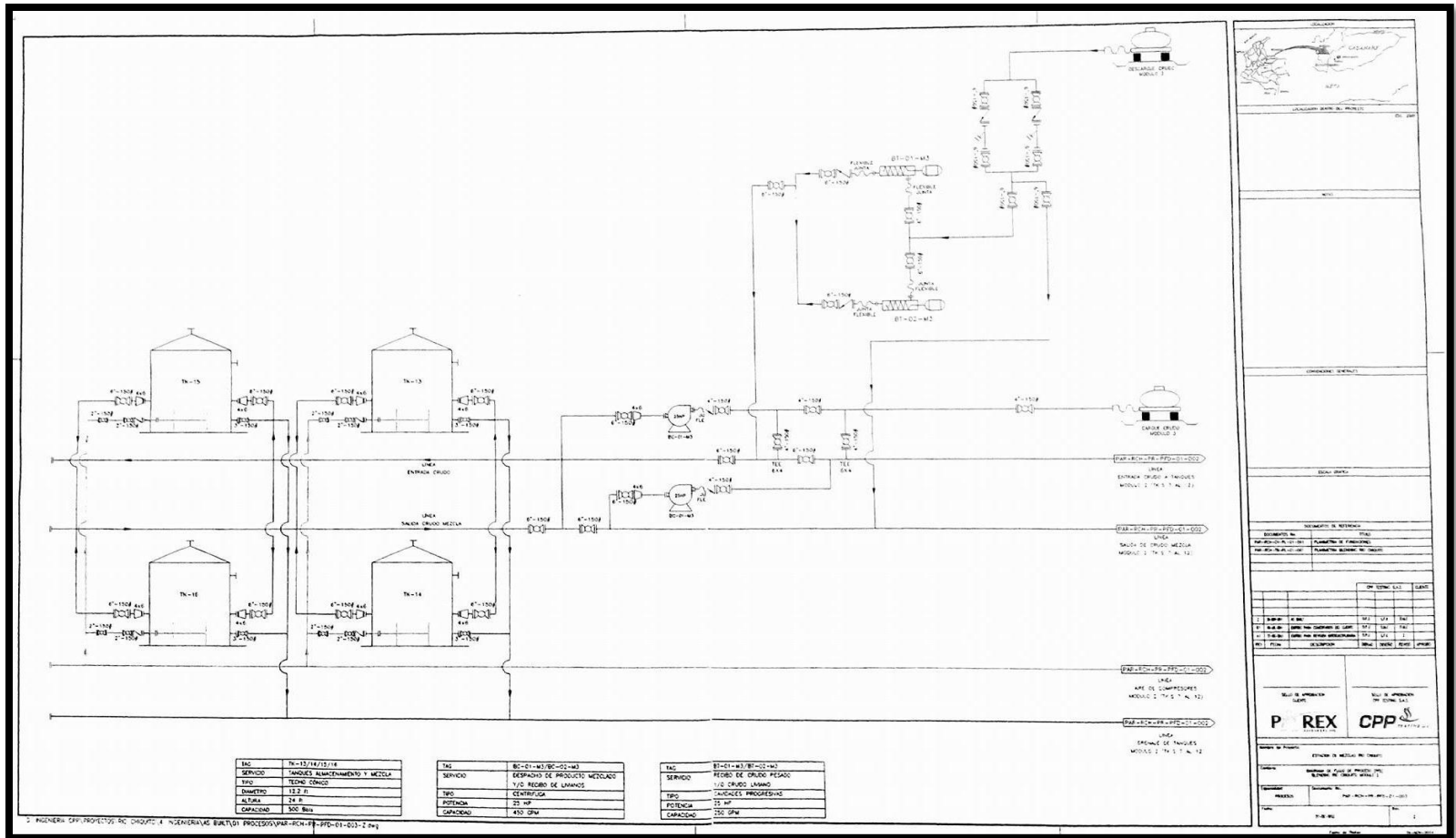
Fuente: CPP TESTING S.A.S





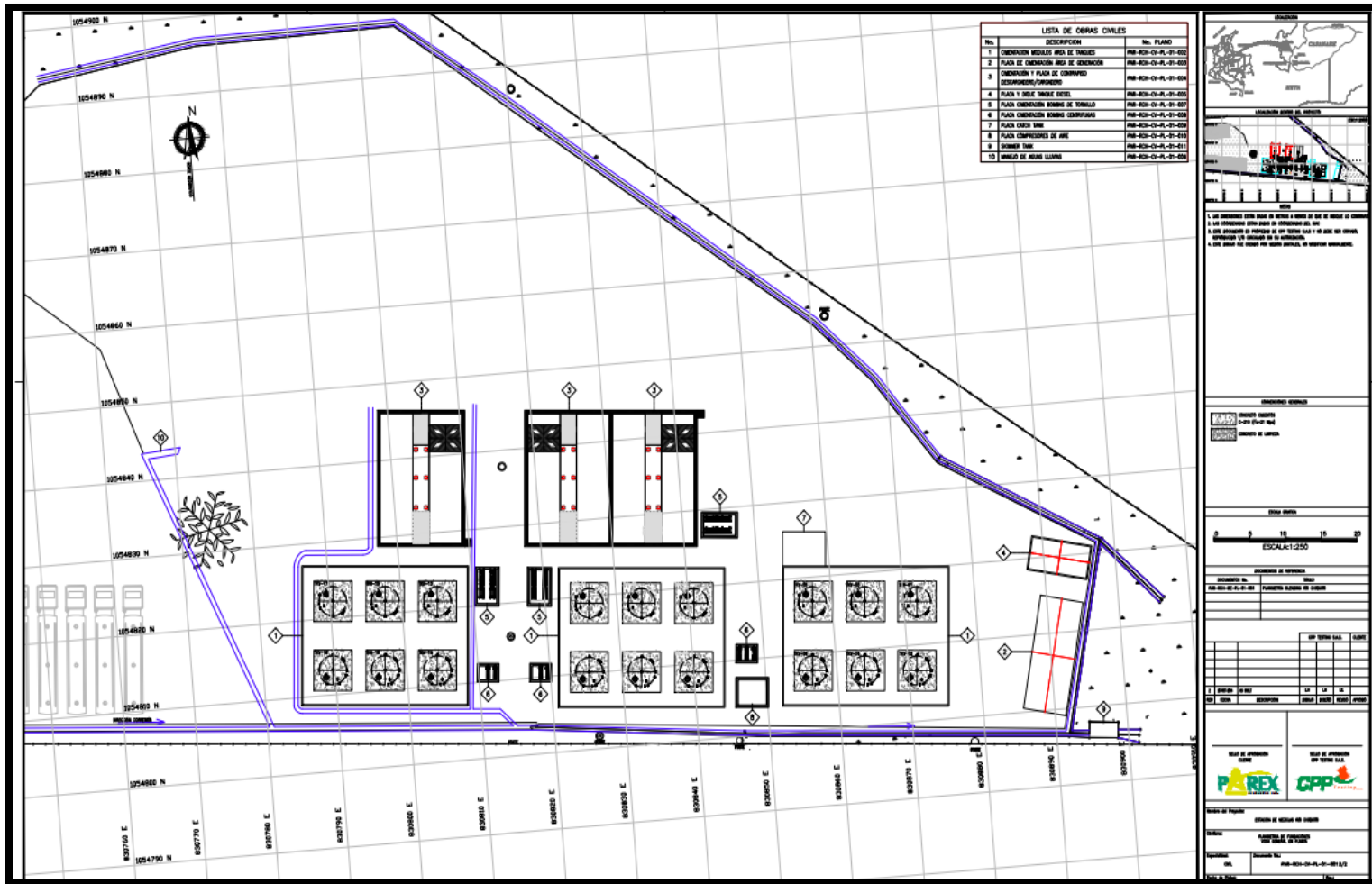
# Anexo L. Diagrama de flujo de procesos del módulo tres de la planta Río Chiquito.

Fuente: CPP TESTING S.A.S



# Anexo M. Mapa

Fuente: CPP TESTING S.A.S



## Anexo N. Ecuación cálculo de calor requerido<sup>17</sup>

$$Q = m * C_p * (\Delta t) = \frac{BTU}{Hora}$$

VARIABLES DE LA ECUACIÓN:

$$m = lb$$

$$C_p = \frac{BTU}{lb * ^\circ F * Hora}$$

$$\Delta t = ^\circ F$$

- 86° F : Temperatura a la cual fluye el crudo
- 130° F: Temperatura a la cual se despacha el crudo
- $\gamma = 0,92$
- Capacidad de los tanques= 500 Bbls

Se procede a encontrar el número de libras a las que equivalen los 500 Bbls:

$$500 \text{ Bbl} * \frac{42_{gal}}{1_{Bbl}} * \frac{3,78_l}{1_{gal}} * \frac{920_{gr}}{1_l} * \frac{1_{lb}}{453,59_{gr}}$$

$$500 \text{ Bbls} = 1 \text{ Tanque} = 161003,5495 \text{ lb}$$

Reemplazando en la ecuación<sup>18</sup> N° 1 se obtiene el siguiente resultado:

$$Q = m * C_p * (\Delta t)$$

---

<sup>17</sup> Ecuación utilizada para el cálculo de los caballos de vapor a utilizar en la caldera pirotubular propuesta por los autores.

$$Q = 161003,5495 * 0,4572 * (130 - 86)$$

$$Q = 3238876,205 \text{ BTU/Hora}$$

$$Q = \frac{3680541,142}{1 \times 10^6} \text{ (BTU)}$$

$$Q = 3,6805 \text{ MMBTU/Hora}$$

Por conversión podemos obtener los caballos de vapor que necesita la caldera de la siguiente manera:

$$Q = \frac{3680541,142 \text{ BTU}}{6 \text{ Hr}} = 539812.7008 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

$$Q = 539812.7008 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}} = 16.12758 \text{ BHP}$$

(Caballos de vapor necesarios es cada tanque)

Por tanto se concluye que se necesita una caldera de 96.765 BHP en total.

### Anexo O. Encogimiento de mezcla

$$S = (2,14 * 10^{-4}) * C^{-0,0704} * G^{1,76}$$

Los parámetros que describen la ecuación son:

$S$  = Volumen encogido en porcentaje.

$C$  = Concentración en porcentaje de volumen del componente liviano.

$G$  = Diferencia de gravedades API de crudo liviano y crudo pesado que interfieren en la mezcla.

Gravedad api de crudo pesado	15,3 °API
Gravedad api de crudo liviano	38 °API
Crudo pesado que entra a la planta diariamente	8400 BBL
Crudo liviano que entra a la planta diariamente	3600 BBL

$$S = (2,14 * 10^{-4}) * C^{-0,0704} * G^{1,76}$$

$$S = (2,14 * 10^{-4}) * 30^{-0,0704} * (38 - 15,3)^{1,76}$$

$$S = 0,0410$$

Por tanto se concluye que la contracción volumétrica es de 0,0410% y equivale a 4,92 barriles diariamente. Esto, sumado con las pérdidas adicionales equivale un total de 10 barriles diariamente, traduciendo que diariamente en la planta de *blending* Río Chiquito se presentan unas pérdidas totales de 0.083% del petróleo para mezclar que entra diariamente.