

**Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez
Facultad de Ingeniería
Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales**



**Tesis presentada en opción al Título Académico de
Máster en Eficiencia Energética**

Título: “*Disminución de los costos energéticos a partir de la aplicación de técnicas de producciones más limpias en la Refinería Sergio Soto*”

Autor: Ing. *Mijail Bonachea Crespo*

Tutora: Dr.C. *Zuleiqui Gil Unday*

2010

“Año 52 de la Revolución”



“...La única forma de impulsar las tareas es yendo delante de las tareas, es mostrándose con el ejemplo como se hacen, no diciendo desde atrás cómo se deben hacer...”

Che.

*A mis padres Xiomara y Bernardo,
a ustedes, por vivir para que yo llegara aquí,
a ustedes, por darlo siempre todo,
por ser mis padres, hermanos, amigos; por ser mi ejemplo y mi guía;
a ustedes, por su dedicación, amor y cariño.
A mi esposa Tania
Por acompañarme siempre,
por su apoyo, dedicación, cariño, ayuda
y por lo más lindo de todo...su amor
A mi abuelo Cristino
que la vida no le permitió ver lo que tanto anheló,
a ti abuelo, que siempre estarás en mi corazón.*

A mis padres por haber luchado tanto en esta que también es su carrera, por ayudarme, por haberme guiado por el camino correcto, por apoyarme en mis decisiones, por cuidar cada paso, cada sueño, les agradezco sin mas por darme la vida.

A mi esposa Tania por acompañarme en esta carrera de largo aliento, por ser mi primer tribunal, por tenerme las cosas siempre listas, por su dedicación, su entrega diaria, por soportarme día tras día, por regalarme lo más lindo de su vida "EL AMOR".

A mi tutora Zuleiquis que ha trabajado muchísimo en aras de que todo saliera bien, por saber guiar el trabajo para que todo estuviera listo a tiempo, por tener confianza en mi.

A Osmel la ayuda y la disposición a darme su mano siempre.

A mi tía Amelia y todas mis primas (Enma, Nena y Maritza), por siempre ser mi ejemplo.

A mi abuela Justa y mi tío Luís por estar pendientes de todo lo que me hace falta, por confiar en mí.

A mi suegra Mirian por ser como mi madre, por su preocupación.

A mis abuelos Minerva y Félix por estar orgullosos de quien soy.

A mis tías Mary, Mayda y Paulita por el cariño que me han dado.

A mis hermanos Robney, Fraga y Arley con los que he podido contar siempre.

A mis primas Marta Lisbet y Liz Mary por lindos momentos vividos en los últimos años.

A David por ser simplemente David.

A Jose Ignacio y Osvaldito por brindarme sus conocimientos.

A Odalys Muhiña por el impulso del comienzo de esta maestría.

A mi equipo de trabajo, Pepe, Rosa, Carlitos, Yeni, La Kikara, Jose y Mansito.

A todos los demás de trabajo en la Dirección Técnica.

A las compañeras de planificación por siempre brindarme su ayuda

A todos aquellos que de una forma u otra han tenido que ver con mi vida mis más sinceros agradecimientos.

SÍNTESIS

El presente trabajo es la aplicación de técnicas de producción más limpias en la Refinería de Petróleo Sergio Soto del municipio de Cabaiguán. Para ello se utilizaron técnicas de encuestas, algoritmos de cálculos, software y consultas. Como resultado del trabajo se pudo determinar que con la aplicación de las técnicas de producción más limpias se definen acciones para la minimización de los costos en los

portadores energéticos y mejoras ambientales de la empresa. Primeramente se confeccionaron los diagramas de bloques de las fases del proceso y en cada una de ellas se determinaron los impactos al medio ambiente y los problemas tecnológicos. Con la disminución de la contaminación medio ambiental se logra un ahorro energético y económico, a partir de ello se proponen mejoras técnicas y operacionales.

SYNTHESIS

This work is the implementation of techniques of cleaner production in the Oil Refinery Sergio Soto of the Municipality of Cabaiguán. For this techniques were used in surveys, interviews, algorithms of calculations, software and query. As a result of the work was able to determine that with the implementation of the techniques of cleaner production proposed actions for the minimizing costs in the energy carriers and environmental improvements of the company, first were the diagrams in blocks of each of the phases of the process and in each of them were determined the impacts to the environment and the technological problems, to propose technical

improvements and operational, Pollution reduction of the environment, energy saving and its economic analysis.

ÍNDICE

	Introducción	1
Capítulo 1.	Revisión Bibliográfica.	6
1.1	Producción más limpia.	6
1.1.1	Historia de la producción más limpia.	6
1.1.2	Producción más limpia. Definición e implementación	8
1.1.3	Aspectos positivos y negativos para desarrollar la introducción de prácticas de producción más limpia en Cuba.	11
1.2	Principios de gestión de la energía con un enfoque de producción más limpia.	14
1.3	Propiedades y características del crudo y su refinación.	20
1.4	Conclusiones parciales.	25
Capítulo 2.	Metodología de producciones más limpia.	26
2.1	Metodología e instrumentos de recogida de la información utilizados.	26
2.2	Visita inicial de trabajo.	28
2.3	Diagnóstico ambiental y energético en función de mejoras en los portadores energéticos.	28
2.3.1	Técnicas de investigación.	28
2.3.2	Análisis de las encuestas.	29
2.4	Elaboración y descripción del diagrama de proceso y subproceso.	31
2.5	Selección de los procesos ambientales en función de mejoras en portadores	32

	energéticos.	
2.6	Propuestas de las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos.	37
2.7	Análisis de indicadores económicos.	38
2.8	Acciones para aplicar las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos.	40
2.9	Conclusiones Parciales.	41
Capítulo 3.	Análisis de los resultados	42
3.1	Visita inicial de trabajo.	42
3.1.1	Breve descripción de la instalación.	42
3.1.2	Presentación del comité de producción más limpia.	43
3.2	Diagnóstico ambiental en función de mejoras en los portadores energéticos.	45
3.2.1	Aplicación de las encuestas al control del sistema energético.	45
3.2.2	Resultados de la prueba de necesidad.	51
3.3	Elaboración y descripción del diagrama de proceso y subproceso.	53
3.4	Selección de los procesos ambientales en función de mejoras en portadores energéticos	60
3.5	Propuesta de las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos.	68
3.6	Análisis de indicadores económicos.	79
3.7	Acciones para aplicar las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos.	80
3.8	Conclusiones parciales.	84
	Conclusiones	86
	Recomendaciones	87
	Bibliografía	88
	Anexos	

INTRODUCCIÓN

Al analizar la situación ambiental actual y su perspectiva en el mundo se puede asumir que, aun con los esfuerzos realizados en la implementación de tecnologías destinadas a la protección ambiental de forma limpia y sostenible, el mayor porcentaje de contaminantes se produce en la obtención de la energía primaria a partir de los recursos fósiles con su creciente agotamiento y el incremento de su consumo por las más diversas industrias y tecnologías. Si ha ello agregamos que en la generalidad de los casos el interés predominante es la producción de energía, sin analizar las posibles consecuencias, ni los daños ambientales que esto pueda ocasionar, tenemos una dificultad que ha trascendido las fronteras territoriales y es hoy un problema global para la supervivencia de los seres vivos que habitan el planeta.

Entre las vías propuestas para tratar de paliar la crítica situación que enfrenta la humanidad con el tema de la contaminación y el agotamiento de las fuentes energéticas tradicionales, se encuentra la disminución de los consumos y la utilización racional de la energía producida, para lo cual se proponen disímiles

soluciones que van desde el control de los procesos actuales, el incremento de su eficiencia y nuevos hábitos de consumo; hasta el cambio de estructuras a una utilización descentralizada de las fuentes renovables, inagotables y de impacto ambiental negativo.

Otra de las posibles soluciones a tener en cuenta sería la utilización más extendida de las fuentes energéticas renovables, pero esta alternativa presenta como inconveniente que la introducción de las tecnologías para la utilización de estas fuentes es muy cara y solo países con elevado poder económico pueden extender su aplicación.

Cuba no escapa de la problemática ambiental y energética actual, con la escasez de recursos energéticos fósiles ha creado alternativas para su desarrollo y está tratando de implementar de forma eficiente el consumo y utilización de la energía producida. De igual forma el estado cubano ha trazado políticas de avance entre las que se destacan las producciones limpias para la obtención de la energía y su consumo, en función del ahorro de los portadores energéticos y la implementación progresiva y racional de las fuentes energéticas renovables. Los resultados alcanzados son notorios: hoy se consumen prácticamente la mitad de los combustibles utilizados en la década del 80, la mayor parte de la generación eléctrica se produce con crudo nacional, se desarrollan programas para el ahorro y divulgación energética de la población, entre otros resultados. (Colectivo de autores, 2006).

En el año 2005, se comenzó a trabajar en un programa denominado Revolución Energética en Cuba, el cual propone la puesta en práctica de nuevas concepciones para el desarrollo de un sistema electroenergético nacional más eficiente, descentralizado y seguro, un uso racional y eficiente de la energía en todos los sectores de la sociedad cubana, haciendo del ahorro de energía el sustento fundamental del desarrollo del país.

La Revolución Energética en Cuba no es temporal, llegó para quedarse, marcando un antes y un después. Su desarrollo está superando todos los antecedentes. Sus resultados permitirán asegurar el desarrollo económico y social en bien de los cubanos y de otros pueblos hermanos del mundo que ya se benefician de esta experiencia.

La Revolución Energética está encaminada a incrementar las capacidades instaladas de generación, mejorar los sistemas de transmisión y distribución de la

energía, aplicar sistemas de gestión energética en las empresas, programas de uso eficiente de la energía en el destino final con nuevas formas de cocción de alimentos para la población.

Sin embargo aún es limitada la implantación de producción más limpia en el proceso de obtención del combustible, apareciendo pérdidas considerables y contaminantes no deseados. Una de las provincias más avanzadas en esta temática es Matanzas. Teniendo en cuenta las experiencias desarrolladas por la Universidad de Matanzas en la utilización de producción más limpia en la industria petrolera se comienzan a trazar estrategias para la aplicación de esta a partir de considerar que: “La producción más limpia consiste en el análisis de un proceso o producto tratando la contaminación de origen de forma tal que constituya una ventaja para la empresa en el ahorro de materias primas y una disminución de la carga contaminante”. Ella se considera un subsistema dentro del sistema de gestión empresarial (Borroto Nordelo, Aníbal, 2002).

La Refinería de Petróleo Sergio Soto ubicada en el municipio de Cabaiguán, provincia de Sancti Spíritus, actualmente presenta como objetivo fundamental la refinación de crudos cubanos, de los yacimientos (Jatibonico, Cristales, Pina, Varadero, Jaruco, Cojímar y Santa Cruz), así como la comercialización de diferentes productos del petróleo. La refinería produce nafta, queroseno, fuel oil y diesel, productos que se obtienen a partir del fraccionamiento del crudo procesado en la torre de destilación atmosférica, siendo esta punto de partida para la obtención de otros productos como son: fuel oil y asfaltos, estos de la torre de destilación al vacío y cortes laterales como materia prima para la fabricación de aceites básicos, a partir de la misma se producen: Aceite I-12, Componente Sigatoca y aceite para transformadores; también se comercializan gasolinas y GLP.

Estas producciones tienen como destino fundamental resolver los problemas energéticos que afectan el transporte y aumentar los abastecimientos de combustibles a los grupos electrógenos para la generación de corriente eléctrica. Todo esto debe estar íntegramente relacionado con un correcto cumplimiento del proceso productivo general sin restar importancia a la aplicación eficiente de las operaciones auxiliares, cumpliendo con los planes dispuestos en el centro, todo con el objetivo de producir más y con mayor calidad. Ambientalmente es el principal contaminante del manto freático y de la atmósfera en el municipio Cabaiguán.

Por ello encontramos el siguiente **PROBLEMA CIENTÍFICO**: ¿Cómo contribuir a un

mejor desempeño ambiental de la Refinería Sergio Soto a partir de disminuir los costos de los portadores energéticos de sus procesos?

Teniendo como **OBJETIVO GENERAL** implementar técnicas de producción más limpia en la Refinería Sergio Soto que contribuya al mejoramiento del desempeño ambiental de esta a partir de la disminución de los costos de los portadores energéticos en sus procesos.

En función del objetivo propuesto nos trazamos los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar la documentación existente en la Refinería Sergio Soto en función de caracterizar la empresa ambiental y energéticamente.
2. Identificar los impactos por proceso desde el punto de vista ambiental y de las mejoras en los consumos de los portadores energéticos.
3. Calcular los beneficios ambientales, energéticos y económicos de las mejoras a implantar en la empresa.
4. Definir las acciones para la aplicación de técnicas de producción con disminución de los consumos en los portadores energéticos.

Siguiendo la **HIPÓTESIS** si se implementan técnicas de producción más limpia en la Refinería Sergio Soto entonces se contribuye al mejoramiento del desempeño ambiental de esta a partir de la disminución de los costos de los portadores energéticos de sus procesos.

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron métodos del nivel teórico y empírico entre los que se destacan el histórico lógico, el análisis y la síntesis, la inducción y la deducción. Del nivel teórico la observación participante, la encuesta y el análisis de documentos.

El trabajo cuenta en su estructura con la presentación donde se refleja el título del trabajo, autor y tutor, facultad y centro donde se realiza el mismo, año de realización y el destino de la tesis; continua con un pensamiento de Ernesto Che Guevara, la dedicatoria y los agradecimientos, una síntesis del trabajo, el índice, la introducción donde se aborda la disminución de la contaminación ambiental a través de la aplicación de técnicas de producción más limpia, el ahorro energético y la situación

de la Refinería Sergio Soto, reflejándose además el problema científico, objetivos e hipótesis.

A continuación se ubican los capítulos uno, dos y tres; en el primero “Algunas consideraciones sobre la Gestión Ambiental y mejoras en los portadores energéticos”, se realiza una búsqueda bibliográfica sobre estos temas. En el capítulo dos “Materiales y métodos” se refleja la metodología a seguir para la ejecución del mismo, así como la explicación de cada paso a dar en el trabajo. Los análisis, resultados y acciones se reflejan en el capítulo tres “Análisis de los resultados”. Le siguen las conclusiones y recomendaciones, bibliografía consultada y culmina con los anexos.

CAPITULO 1 ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LA GESTIÓN AMBIENTAL Y MEJORAS EN LOS PORTADORES ENERGÉTICOS

1.1 Producción más limpia

1.1.1 Historia de la producción más limpia

El concepto de producción más limpia fue lanzado por la Oficina de Industria y Medio Ambiente del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), en 1989. Con posterioridad, durante la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD) en 1992, en su agenda 21, se le dio prioridad a la introducción de las prácticas de producción más limpia y a las tecnologías de prevención y reciclaje, con el fin de alcanzar un desarrollo sostenible. Desde entonces, partiendo del trabajo de las agencias especializadas del sistema de Naciones Unidas, particularmente el PNUMA y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), se vienen desarrollando esfuerzos por los países y en foros internacionales a escala regional, que potencian el papel de la producción más limpia. En ese sentido, ha existido una importante contribución, en términos de concienciación de dicho papel, que se puede resumir en:

- La creación por la ONUDI y liderada por esta, de más de 30 centros nacionales de producción más limpia, ubicados en diferentes países y regiones del mundo, que funcionan en sistema de red de intercambio de conocimientos e información.
- La publicación electrónica de un módulo de producción más limpia (Producción más limpia. Un paquete de recursos de capacitación, febrero

2009), preparado especialmente para la capacitación de especialistas y directivos, por parte del PNUMA para la región de América Latina y el Caribe y la intención de crear una Red Interamericana de Altos Funcionarios y Consejeros Gubernamentales de Producción más Limpia. (Acta de Encuentro Preparatorio de la Cumbre Interamericana de Ministros para la Producción más Limpia, noviembre, 2009).

Su secretaría funciona en Chile y participan los países de la región, Cuba entre ellos, junto a Canadá y USA. En el caso de Cuba, aunque la concepción de la prevención de la contaminación de los recursos naturales está formulada desde la promulgación de la Ley de Medio Ambiente, en 1997, y se han venido desplegando esfuerzos por parte de los diferentes sectores de la economía en función de ese objetivo, la Agencia de Medio Ambiente, a través del Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental (CIGEA), desde el pasado año, ha encaminado la introducción de las prácticas de producción más limpia, dándole un orden institucional metodológico.

En el año 2001 (junio), quedó constituida la Red Nacional de Producción más limpia (RNP + L) de Cuba, creada como parte del programa de centros y redes de producción más limpia de ONUDI y en el marco de un proyecto rectorado por esta agencia. Esta red es la encargada de coordinar los esfuerzos nacionales en materia de producción más limpia, a fin de prestar servicios especializados a los diferentes sectores socioeconómicos, públicos y privados del país. El trabajo de esta red en una primera etapa está focalizado hacia dos sectores productivos de la economía (MINAL Y MINAZ) y promueve la aplicación sistemática e integral de este concepto para mejorar el desempeño ambiental de la industria cubana, incrementando su eficiencia y reduciendo los riesgos para los seres humanos y el ambiente. Entre sus funciones se encuentra la sensibilización y concienciación, la disseminación de información, evaluaciones en planta, estudios de políticas ambientales y la promoción de proyectos de inversión en producción más limpia. Como parte integrante de la RNP + L, el Punto Focal de la Agencia de Medio Ambiente (CIGEA), dado su accionar transversal con los restantes sectores de la producción y los servicios en el país, tiene la posibilidad de difundir información especializada mediante la capacitación de especialistas nacionales en estas prácticas. Con anterioridad a la creación de la RNP+L había en el país, desde 1999, un trabajo en esta dirección liderado por el CIGEA, materializado en la firma de

acuerdos de concertación para la introducción de la producción más limpia por un grupo de entidades, entre ellas:

- El Complejo Agroindustrial “Camilo Cienfuegos”, perteneciente a la industria azucarera.
- La Cervecería ‘Tínima’, la Empresa Cárnica ‘Bravo S.A’ y CUBARON S.A, todas pertenecientes a la industria alimenticia.
- Producciones Alimenticias ‘PRODAL’, de la industria pesquera.
- Instituto “Carlos J. Finlay”, de la industria farmacéutica.

Esta actividad también tuvo una expresión en los territorios:

- La provincia de Camagüey, donde se comenzó a desarrollar las prácticas de producción más limpia especialmente en acciones de cambios en los procesos tecnológicos, en sustitución de insumos y mantenimiento efectivo, en empresas tales como la Termoeléctrica “10 de Octubre” y la “Fábrica de Alambres y Electroodos de Nuevitas”, además de la Cervecería “Tínima”.
- En la provincia de Villa Clara, con una amplia participación de la Universidad Central de Las Villas, principalmente en evaluaciones en planta y capacitación de tomadores de decisiones, también existía y se mantiene un trabajo de concienciación y aplicación de la producción más limpia.

Como puede observarse, ha habido una evolución en la introducción de estas prácticas, conforme a lo anteriormente expuesto. La producción más limpia no constituye una estrategia ajena a la formulación y desarrollo de un Sistema de Gestión Ambiental que contribuya al mejoramiento del desempeño ambiental de las entidades productivas y de servicios (Nuñez Hechevarría. S, 2002): es consustancial a la ampliación de los enfoques de trabajo en la gestión ambiental, a la vez que resulta ser un elemento básico para el aseguramiento de la calidad de las producciones y los servicios.

El desarrollo de la producción más limpia es una práctica que forma parte del Sistema de Gestión Ambiental en las empresas, es una aplicación que no solo debe enmarcarse en el MINAZ y MINAL sino llegar a todas las empresas.

1.1.2 Producción más Limpia. Definición e implementación

La producción más limpia consiste en el análisis de un proceso o producto tratando la contaminación de origen de forma tal que constituya una ventaja para la empresa

en el ahorro de materias primas y una disminución de la carga contaminante (Borroto Nordelo, Aníbal, 2002).

El PNUMA define a la Producción Más Limpia (Núñez Echevarría, 2002) como la “aplicación continua de una estrategia integrada de prevención a los procesos, productos y servicios, para aumentar la eficiencia y reducir los riesgos a la vida humana y el medio ambiente”.

Ambos conceptos de producción más limpia explican la importancia de la implementación del mismo en las empresas, y el descrito por (Borroto Nordelo, Aníbal, 2002) se considera más práctico y su descripción clara es de fácil explicación y entendimiento.

La producción más limpia es un término general que describe un enfoque de medidas preventivas para la actividad industrial. Este se aplica de igual manera al sector de los servicios, a los sistemas de transporte, a la agricultura y a programas territoriales (municipales). Es un término muy amplio que abarca lo que algunos países llaman minimización de desechos, prevención de contaminación y otros nombres parecidos, pero también incluye algo más: la producción más limpia hace referencia a una mentalidad que enfatiza la producción de bienes y servicios con el mínimo impacto ambiental bajo la tecnología y limitaciones económicas actuales; producción más limpia significa para:

- a) Los procesos de producción : un uso menor o eliminación de las materias primas tóxicas, con el empleo de productos inocuos y ambientalmente idóneos, la reducción de la cantidad y toxicidad de las emisiones y residuos, desde la fuente en que se generan, así como el uso eficiente del agua y la energía.
- b) Los productos: reducir los efectos negativos en el ciclo de vida útil de un producto, desde la extracción de las materias primas que lo conforman, su creación, pasando por su utilización hasta su disposición final.
- c) Los servicios: tener en cuenta el comportamiento e inquietudes de índole ambiental al concebir la prestación de los servicios.

(Colectivo de autores. Protección ambiental y producciones más limpia. 2006).

El denominador común de la producción más limpia es la mejora continua.

Son puntos claves en la producción más limpia:

1. La reducción de la generación de contaminantes en todas las etapas del proceso de producción y los servicios, con el fin de minimizar o eliminar los desechos que necesitan ser tratados al final de los mismos.

2. Los términos prevención de contaminación, ecoeficiencia, reducción en la fuente y minimización de desechos se utilizan con frecuencia para referirse a la producción más limpia.

El tratamiento de efluentes, la incineración y hasta el reciclaje de desechos fuera del proceso de producción, no se consideran parte de la producción más limpia, a pesar de que dichos procesos siguen siendo necesarios para lograr un bajo impacto ambiental. Constituyen una forma de manejo de desechos que puede incluir además las acciones para lograr su aprovechamiento económico.

3. La ventaja económica de la producción más limpia es que resulta mayor la relación “costo - eficiencia”, que el control de la contaminación. La disposición sistemática de desechos y contaminantes aumenta la eficiencia del proceso y mejora la calidad del producto. Mediante la prevención de la contaminación en la fuente, se minimizan los costos de tratamiento y disposición final.

4. La ventaja ambiental de la producción más limpia es que soluciona el problema de los desechos en la fuente. El tratamiento convencional “al final del tubo”, por lo general sólo traslada los contaminantes de un medio ambiental a otro.

5. La lenta aceptación de la producción más limpia se debe en gran medida a factores humanos más que a factores técnicos. El enfoque “al final del tubo” es muy conocido y aceptado por la industria y los ingenieros.

6. Debido a que la producción más limpia ataca al problema en diferentes niveles y de manera simultánea, la introducción de un programa en el nivel planta / industria requiere del compromiso de la alta gerencia y de un enfoque sistemático de reducción de desechos en todas las operaciones del proceso de producción.

(Colectivo de autores. Práctica de producciones más limpias.2006).

Dentro de las herramientas de producción más limpia se encuentran la:

- Evaluación de Ciclo de Vida (ECV)
- Evaluación de Tecnología Ambiental (ETA)
- Ecobalances
- Auditoría de desechos
- Auditoría de energía
- Auditoría de riesgos
- Auditoría ambiental

Para seleccionar las herramientas más adecuadas, se tiene en consideración el proceso productivo, el tipo de actividad y la política ambiental de la empresa. Dichas

herramientas nos ayudan a identificar la problemática ambiental, ya sea en una etapa del proceso o en su conjunto y en algunos casos ofrecen soluciones. Las prácticas de producción más limpia pueden ser tan simples como: el reciclaje de residuos, los cuales pueden constituir materias primas para otros procesos, el uso eficiente del agua con vistas a la minimización de residuales líquidos, el uso eficiente de la energía, de las materias primas, la optimización de los procesos productivos, el rediseño de los procesos para sustituir materiales tóxicos, la desagregación de las corrientes residuales, etc. (Colectivo de autores. práctica de producciones más limpias).

1.1.3 Aspectos positivos y negativos para desarrollar la introducción de prácticas de producción más limpia en Cuba

Una reflexión validada entre docentes, especialistas y técnicos vinculados a las prácticas de producción más limpia, sobre todo, en los territorios, ha permitido resumir cuáles son los aspectos positivos y negativos (fortalezas y debilidades), que guardan relación con su introducción en los sectores de la economía, en el país:

Aspectos positivos

- Voluntad política existente en sectores claves de la economía.
- Creación de la Red Nacional de producción más limpia.
- Potencial científico adecuado.
- Volumen significativo de resultados científicos asociados a la temática.
- Áreas socioeconómicas con grandes oportunidades de trabajo.
- Existencia de una legislación ambiental que en algunos casos promueve la adopción de enfoques preventivos.
- Creciente nivel de educación ambiental a todos los niveles.

Aspectos negativos

- Falta de conciencia ambiental en los sectores empresariales.
- Insuficiente conocimiento y divulgación sobre la temática.
- Resistencia al cambio. Resistencia a la innovación tecnológica de carácter ambiental.
- Carencia de mecanismos financieros y de fondos suficientes para su promoción.
- Cuerpo de normas técnicas incompleto y en gran medida desactualizadas.
- No existen incentivos por parte de nuestro mercado interno.

- Falta de financiamiento para el acceso a las tecnologías.
- Esta temática no está incluida dentro de los aspectos que estimula el proceso de perfeccionamiento empresarial que tiene lugar en el país.
- Todavía son muy pocos los fondos exportables cubanos que compiten en el mercado internacional bajo exigencias medioambientales.

Los aspectos positivos y negativos identificados en el país para la introducción de la producción más limpia en las empresas cubanas reflejan una realidad en la cual se debe trabajar y constituyen puntos de partida para una correcta implantación de esta práctica.

Opciones de producción más limpia

Una manera de resumir, de forma general, los aspectos conceptuales de la producción más limpia, es a partir de considerar la aplicación de opciones para la implementación de estas prácticas.

Cambios de los insumos

La producción más limpia se logra realizando cambios de los insumos, reduciendo o eliminando los materiales peligrosos que ingresan en el proceso de producción, pudiendo realizarse cambios de insumos para evitar la generación de desechos peligrosos dentro del proceso. Los cambios de insumos incluyen la purificación y la sustitución del material. Estos cambios, por lo general, implican la realización de pruebas a escala de laboratorio, de banco y series iniciales, antes de ser introducidos en el proceso de producción.

Buenas prácticas operativas de producción

Las buenas prácticas operativas de producción consisten en aplicar medidas de procedimiento, administrativas o institucionales que se pueden utilizar para minimizar desechos. Muchas de estas se adoptan en la industria, en gran parte, para mejorar la eficiencia y como buenas prácticas de manejo. Estas prácticas pueden ser aplicadas en todas las áreas de la planta, incluyendo producción, operaciones de mantenimiento, en el almacén de la materia prima y de los productos. Entre otras que se identifican en cada caso particular pueden mencionarse:

- Mejorar los programas de mantenimiento preventivo, a fin de evitar interrupciones en los procesos productivos y en la prestación de servicios.
- Emplazar los equipos de forma tal que se reduzcan al máximo los derrames, las pérdidas y la contaminación, durante el manejo y transportación de las materias primas y materiales.
- Reducir las pérdidas de energía y materiales debido a fugas en los sistemas.

- Valorar el origen y recorrido de los flujos de aguas residuales, con vistas a evitar mezclas entre ellas, a menos que estas respondan a un criterio técnico pre-establecido.
- Establecer medidas e impulsar campañas de ahorro de energía empleada innecesariamente.
- Utilizar recipientes para la recuperación de eventuales goteos de líquidos, así como cubiertas para posibles salpicaduras.
- Cumplir las regulaciones establecidas para el movimiento de los inventarios de materias primas y productos, en función de evitar su caducidad (y se conviertan en residuos), con el consiguiente deterioro de sus propiedades.
- Deslindar las fuentes de generación de energía, de manera que sea posible evaluar la eficiencia energética de los procesos y tomar las medidas necesarias en función de elevarla.

Cambios de producto

Los cambios de producto se realizan por su fabricante, con la intención de reducir los desechos que se generen como resultado de su empleo. Estos cambios pueden tener lugar en su composición, conservación o por la sustitución total del producto.

Cambios tecnológicos

Los cambios tecnológicos están orientados hacia las modificaciones de los procesos y equipos para reducir desechos, principalmente en una línea de producción y estos pueden variar de las modificaciones menores, a la sustitución de procesos. Tales cambios pueden producirse en:

- el proceso de producción
- en los equipos
- con el uso de la automatización
- cambios en las condiciones de operación de los procesos
- en el flujo de materiales
- en tuberías de conducción de agua y energía (vapor). Mientras menos agua se emplee en los procesos, menor volumen de residual líquido será generado al final de los mismos.

Reutilización en el sitio

En términos prácticos, la reutilización dentro de una actividad productiva se puede realizar a partir de dos acciones fundamentales:

- Volver a introducir un material dentro de la línea de flujo a la que pertenece (el material que se recoge en los filtros de la industria del cemento y que se devuelve a la línea de flujo de procedencia).
- Volver a utilizar un material, dentro del mismo proceso productivo, pero no dentro de la misma línea de flujo (es el caso de la utilización del bagazo en la industria del azúcar).

Después que se hayan generado las opciones, debe hacerse una selección inicial, considerando la disponibilidad, los efectos ambientales y la viabilidad económica. Después de su implementación, debe existir un seguimiento de los cambios, inherentes al concepto de producción más limpia. Posteriormente es necesario realizar otra auditoría, a fin de identificar nuevas opciones para la producción más limpia. (Colectivo de autores. Práctica de producciones más limpias.2006).

Las opciones de producción más limpias es la forma de resumir los aspectos conceptuales del mismo, nos permite tener identificado donde se debe trabajar para eliminar la contaminación ambiental.

1.2 Principios de gestión de la energía con un enfoque de producción más limpia

La gestión energética se concibe como un esfuerzo organizado y estructurado para conseguir la máxima eficiencia en el suministro, conversión y utilización de la energía. De esta forma lograr un uso más racional de la energía que permita reducir el consumo de la misma sin afectar el confort, productividad, calidad de los servicios y de forma general sin disminuir el nivel de vida. Constituye uno de los mejores caminos para conseguir los objetivos de la energía tanto desde el punto de vista de la propia empresa como en el ámbito nacional. (Colectivo de autores. Gestión Energética Empresarial TGTEE.2003).

El objetivo fundamental de la gestión energética es el de obtener el mayor rendimiento posible a las cantidades de energía que se necesita, dentro de esta idea general se exponen los siguientes principios:

- Optimizar las cantidades de energía disponible.
- Mantener e incluso aumentar la producción, reduciendo el consumo de energía.
- Conseguir de modo inmediato los ahorros que no requieran inversión apreciable.

- Lograr los ahorros posibles con inversiones rentables.
- Demostrar que se puede ahorrar energía sin necesidad de culpar a ineficiencias o incapacidades de situaciones anteriores.
- Implantar las auditorias energéticas como eslabón básico que permita identificar los potenciales existentes para la reducción de los indicadores y los costos energéticos.
- Integrar la preparación, divulgación e información energética con el fin de crear la educación hacia el control y uso racional de la energía.
- Contribuir al mejoramiento de las consecuencias de la contaminación ambiental existente.

Existen muchas maneras de abordar la gestión de la energía, pero se debe destacar que hay dos puntos de extrema importancia:

- Los mandos gerenciales más altos deben estar completamente comprometidos con el control de los costos de la energía.
- Se debe establecer la organización adecuada a fin de implementar el programa de administración de la energía y responsabilizarse del mismo.

(Colectivo de autores. Gestión Energética Empresarial TGTEE.2003).

La gestión energética es un eslabón de mucha importancia para lograr ahorro de los portadores energéticos en las empresas, según Colectivo de autores. (Gestión Energética Empresarial TGTEE.2003) se refiere a aspectos muy importantes como el comprometimiento de la alta dirección, la divulgación y la organización del personal involucrado en la parte energética.

En relación a estos principios la decisión que tome la dirección de la empresa respecto al control de los costos energéticos es un primer paso vital. Este debe ser expuesto con claridad y bien comprendido por toda las personas que trabajan en la empresa. Los niveles más altos de la administración deben participar de lleno en las actividades relacionadas con la energía. Además, una parte importante del compromiso del nivel gerencial más alto es la de designar la organización responsable de la implementación del programa de administración de la energía. Por lo común, esto se hace a dos niveles: el jefe del grupo de energía y el comité de energía. El compromiso del nivel gerencial más alto se podrá ver en el nivel de apoyo que este les de al director y al comité, especialmente en términos de autorización de recursos. En muchas empresas, el comité de energía está conformado por los trabajadores de los puestos claves. Puesto que se debe evitar

caer en una innecesaria burocracia, resulta ventajoso contar con un comité de energía activo, que:

- Aliente las comunicaciones y el intercambio de ideas entre los diversos departamentos (e incluso entre otras plantas) de la empresa.
- Pueda servir para obtener acuerdos sobre proyectos de conservación de la energía que afecten a más de un departamento.
- Pueda llegar ante los administradores de más alto nivel a plantear sus temas con una voz más fuerte que la que un solo director podría tener.

(Borroto Nordelo, Aníbal E. y Colectivo de Autores.2002 y Stilar Industrial S.A.C.2009).

La composición del comité de energía variará de una empresa a otra, dependiendo de la estructura administrativa existente, pero por lo común este incluirá representantes de los puestos claves. A menudo, el presidente será el Director Técnico. Normalmente una reunión mensual es lo adecuado para revisar con regularidad la información sobre la producción más reciente y sobre los consumos de energía. En esta revisión se puede incluir una comparación entre desempeño actual y los objetivos establecidos con anterioridad, las cifras presupuestales, así como entre estas y los meses anteriores. Entre los temas de la agenda podrían contarse también la revisión del estado de las inversiones en materia de conservación de la energía, tanto el de las que están en marcha como el de las que permanecen en fase de planeación. No basta con establecer un comité de energía, sino que implemente periódicamente las políticas y directrices del comité, y que aporte los datos necesarios para que el comité tome las decisiones. Para la mayoría de las compañías, la designación de un director de energía resulta ser, por lo tanto, un paso esencial en el establecimiento de un programa efectivo de administración de la energía. La función del Director de Energía variará de una empresa a otra, pero por lo general el ocupante de este puesto se ocupará de las siguientes tareas:

- Recopilar y analizar con regularidad la información relacionada con la energía.
- Monitorear la compra de la energía.
- Identificar las oportunidades de ahorro de energía.
- Desarrollar proyectos que ahorren energía, incluyendo las evaluaciones técnicas y económicas necesarias (y posiblemente apoyar al departamento de ingeniería en la implementación de dichos proyectos).
- Mantener las comunicaciones entre los empleados y las relaciones públicas.

(Colectivo de autores. Eficiencia Energética y competitividad empresarial.2003)

La mayoría de los Directores de Energía han sido elegidos en el interior de la empresa. Esto se debe fundamentalmente a que este puesto requiere de un buen conocimiento práctico de todos los aspectos de las operaciones de la compañía, tanto en lo técnico como en lo administrativo.

Entre las habilidades importantes con que debe contar un Director en Energía están la administración y la comunicación. La mayoría de estos gerentes necesitan dedicar gran parte de su tiempo en convencer a sus colegas y a la cúpula gerencial para que se tome una línea de acción en específico. Las siguientes cualidades son, desde luego, ideales y en la práctica raramente se ven en un individuo. Sin embargo, un buen Director de Energía debe tener muchas de estas, las que podría aportar al trabajo mientras que otras las podrá aprender:

- Familiaridad con la planta y sus procesos de producción y sus requerimientos de calidad.
- Habilidad para recolectar y analizar datos e interpretarlos de modo tal que la cúpula gerencial pueda revisarlos.
- Conocimiento del equipo que consume energía y de los factores que afectan su eficiencia (por ejemplo, calderas, hornos, intercambiadores de calor, iluminación, refrigeración, etc).
- Formación en ingeniería para evaluar y seleccionar equipo, supervisar su instalación y asegurarse de que se le de el mantenimiento correcto.
- Capacidad para comunicarse e interactuar bien tanto con la gerencia de planta, los operadores en línea, como con los trabajadores de mantenimiento, proporcionándoles un puente para promover la implementación de directrices administrativas y la política de eficiencia energética de la compañía.
- Buen juicio para saber cuando haya que solicitar ayuda externa de consultores o distribuidores de equipo para que contribuyan en la solución de problemas.
- Una perspectiva adecuada de la función que desempeña la energía en la compañía, en relación con otros elementos, como las materias primas, el capital y la mano de obra.
- Talento para usar su iniciativa en el desarrollo de soluciones de los problemas y para relacionarlas con aquellas encontradas por otras personas, en otros lugares, en diferentes industrias y para adaptarlas a sus propias circunstancias.

Sobre todo, el Director de Energía necesita tener amplio criterio para observar los problemas desde distintas perspectivas y talento para convencer a otros de que los ahorros son posibles y también que valen la pena si se toman las medidas adecuadas.

El comité de energía tiene composición diferente en cada una de las empresas y a diferencia de lo descrito por (Borroto Nordelo, Aníbal E. y Colectivo de Autores.2002 y Colectivo de autores. Eficiencia energética y competitividad empresarial.2003) en ellos deben estar presentes los técnicos vinculados a esta actividad ya que tienen un nivel superior aunque si deben ser miembros los trabajadores de los puestos claves, también el director de energía además de tener un amplio conocimiento sobre las plantas debe estar informado sobre todas las regulaciones y procedimientos energéticos establecidos en estos momentos.

Es muy importante tener presente un grupo de aspectos que hasta la fecha han sido comunes en muchas experiencias de administración de la energía en diferentes empresas (Borroto Nordelo, Aníbal, 2002; Stilar Industrial S.A.C, 2009). Ellas involucran los principios de administración de energía, errores que se cometen en la gestión energética y las barreras que se oponen al éxito de la gestión energética, los cuales se exponen a continuación:

Principios de administración de la energía. (Borroto Nordelo, Aníbal, 2002):

- Es más importante un sistema continuo de identificación de oportunidades que la detección de una oportunidad aislada.
- La administración de energía debe concebirse como un proceso de mejoramiento continuo de la eficiencia energética.
- Los esfuerzos deben concentrarse en el control de las principales funciones energéticas (portadores, áreas, equipos, personal clave).
- Debe controlarse el costo de las funciones o servicios energéticos, y no solo el costo de la energía primaria.
- El costo de las funciones o servicios energéticos debe controlarse como parte del costo del producto o servicio.
- Orientar los programas al logro de resultados y metas concretas.
- Realizar el mayor esfuerzo en la instalación de equipos de medición (no se puede administrar lo que no se conoce).

Errores que se cometen en la gestión energética (Colectivo de autores. Gestión Energética Empresarial TGTEE, 2003; Colectivo de autores. Eficiencia Energética y competitividad empresarial, 2002).

- Se atacan los efectos y no las causas de los problemas.
- Los esfuerzos son aislados, no hay mejora integral en todo el sistema.
- No se atacan los puntos vitales.
- No se detectan y cuantifican adecuadamente los potenciales de ahorro.
- Se consideran las soluciones como definitivas.
- Se conforman creencias erróneas sobre como resolver los problemas.

Barreras que se oponen al éxito de la gestión energética.

- Las personas idóneas para asumir determinada función dentro del programa, se excusan por estar sobrecargadas.
- Los gerentes departamentales no ofrecen tiempo a sus subordinados para esta tarea.
- El líder del programa no tiene tiempo, no logra apoyo o tiene otras prioridades.
- La dirección no reconoce el esfuerzo del equipo de trabajo y no ofrece refuerzos positivos.
- La dirección no es paciente y juzga el trabajo sólo por los resultados inmediatos.
- No se logra conformar un equipo con buen balance interdisciplinario o interdepartamental.
- Falta de comunicación con los niveles de toma de decisiones.
- La dirección ignora las recomendaciones derivadas del programa.
- El equipo de trabajo se aparta de la metodología, disciplina y enfoque sistemático.

Tanto (Borroto Nordelo, Aníbal, 2002) como (Colectivo de autores. Gestión Energética Empresarial TGTEE, 2003; Colectivo de autores. Eficiencia Energética y competitividad empresarial, 2002) reflejan la realidad de las empresas cubanas e identifican las barreras y errores del sistema de gestión energético.

1.3 Propiedades y características del crudo y su refinación.

El petróleo es un mineral combustible líquido difundido en la envoltura sedimentaria de la tierra. Por su composición el petróleo representa una mezcla compleja de hidrocarburos y de compuestos que además de carbono e hidrógeno contienen oxígeno, azufre y nitrógeno.

El petróleo es un material combustible más ligero que el agua y casi no se disuelve en esta. Su viscosidad se determina por su composición y en todos los casos es mucho más alta que la del agua. El nombre del petróleo proviene del latín Petra (piedra) y oleum (aceite).

Del petróleo se producen todos los tipos posibles de combustibles líquidos (gasolina, queroseno, combustible para motores diesel, turbinas de gas y calderas), aceites lubricantes y especiales, lubricantes plásticos, parafina, carbono técnico, betunes de petróleo y otros productos comerciales.

Puesto que el petróleo representa una mezcla de una gran cantidad de sustancias orgánicas que poseen distinta presión de vapor saturado no se puede hablar sobre la temperatura de ebullición del petróleo. Sus derivados no vienen caracterizados por las temperaturas de ebullición, sino por los límites de temperatura del comienzo y del fin de la ebullición, así como por las salidas de las fracciones individuales que se destilan dentro de unos intervalos determinados de temperatura. (Erij.V.N, 1988).

El petróleo crudo es una mezcla de hidrocarburos de diferente peso molecular, con contenidos variables de heteroátomos o impurezas. Su color predominante es el negro, pero no es exclusivo. Las moléculas simples y muy complejas son inmiscibles entre ellas, pero coexisten gracias a moléculas intermedias (resinas) que sirven como puentes de estabilidad. (PDVSA, 2008)

Es la materia prima de la industria de refino, es de naturaleza hidrocarbonada y está constituido por una mezcla compleja de diferentes tipos de hidrocarburos, se compone prácticamente de carbono e hidrógeno con un pequeño porcentaje de otros elementos como azufre, nitrógeno, y metales integrados en hidrocarburos de estructuras más o menos complejas. Las moléculas de hidrocarburos que lo componen son más complejas a medida que aumenta el punto de ebullición de las mismas. Desde el punto de vista estructural están presentes, en mayor o menor proporción hidrocarburos parafínicos, aromáticos y nafténicos. Como su formación ha tenido lugar en atmósfera reductora, anaeróbica, no se encuentran hidrocarburos olefínicos en su composición. (Lluch Urpí, José, 2008)

Propiedades físicas del petróleo y sus productos

Densidad: en término medio, la densidad relativa de los petróleos varía desde 0.82 hasta 0.90, sin embargo, también existe petróleos mucho más ligeros de 0.72 de densidad, y más pesados de 0.959. La densidad del petróleo y de sus productos derivados se representa por la densidad relativa de todos los componentes que integran el petróleo o el producto de este.

Al aumentar los límites de temperaturas de separación en fracciones por ebullición de los productos del petróleo, su densidad también aumenta. En promedio, la densidad relativa de la gasolina constituye habitualmente 0.75, la del queroseno 0.80, la del combustible para motores diesel 0.85, la del mazut 0.95 y la de los aceites de 0.88 a 0.93.

La densidad de los productos líquidos del petróleo depende de la temperatura y disminuye durante su calentamiento.

Masa molecular: la masa molecular del petróleo y de sus derivados tiene tan solo valor medio y depende de la composición y de la relación cuantitativa de los componentes de la mezcla.

El primer representante de los hidrocarburos líquidos del petróleo, el pentano tiene la masa molecular igual a 72. Para las sustancias resinosas del petróleo esta masa puede llegar de 1500 a 2000.

En muchos petróleos la masa molecular media se encuentra dentro de los límites de 250 a 300. A medida que aumentan los límites de ebullición de las fracciones del petróleo su masa molecular media se incrementa desde 90 hasta 480.

Viscosidad: la viscosidad, o la fricción interna del petróleo y de los productos de este dependen de la composición química y la composición por fracciones. La viscosidad cinemática de los petróleos procedentes de distintos yacimientos varía dentro del límite bastante amplio desde 2 hasta 300 mm²/s a 20°C. Sin embargo, en término medio, la viscosidad de la mayoría de los petróleos raras veces supera los valores de 40 a 60 mm²/s.

Para las fracciones del petróleo a medida que aumenta su masa molecular la temperatura de ebullición, la viscosidad crece considerablemente. Así por ejemplo, si bien la viscosidad de las gasolinas a 20°C es de cerca de 0.6 mm²/s, en los aceites residuales pesados se caracteriza por ser del orden de 300 a 400 mm²/s.

La viscosidad de los derivados del petróleo depende de la temperatura. A temperaturas bajas, especialmente próximas a la de congelación, la viscosidad de la

mayoría de los productos del petróleo aumenta bruscamente. A temperaturas elevadas los productos del petróleo se tornan más diluidos.

Temperatura de inflamación: la temperatura de inflamación es aquella temperatura a la cual el vapor de un derivado del petróleo calentado en unas condiciones determinadas y normalizadas forma con el aire ambiental una mezcla explosiva y se inflama al acercarle la llama.

El punto de inflamación depende de la composición por fracciones de los derivados del petróleo. Cuantos más bajos son los límites de destilación del petróleo, tanta más baja es la temperatura de inflamación. En término medio, la temperatura de inflamación de las gasolinas se encuentra dentro de los límites de 30 hasta 40⁰C, la de los querosenos de 30 a 60⁰C, la de los combustibles para motores diesel de 30 a 90⁰C y la de los aceites del petróleo de 130 a 320⁰C.

(Rasina, Erij. V, 1985).

El proceso de refinación es un conjunto de complejas operaciones físicas y químicas que se realizan con el objetivo de descomponer el petróleo en sus distintas fracciones de hidrocarburos así como para lograr las propiedades requeridas en los productos terminados. En las refinerías modernas se aplican avanzadas técnicas de ingeniería química para refinar el crudo y obtener una amplia variedad de productos terminados aptos para su utilización.

Los procesos encaminados a la refinación del crudo se seleccionan, acoplan e interrelacionan de acuerdo con el mercado que sirve la empresa y los productos que esta habrá de manufacturar. Las operaciones de proceso en toda refinería moderna, se alteran o modifican según sea necesario para mantener el balance de producción adecuado.

Los principales procesos que se realizan en una refinería moderna y flexible son:

1. Purificación: Es el conjunto de tratamientos químicos a que se somete el crudo inicialmente, así como a sus derivados durante las distintas fases de la elaboración, para obtener los productos terminados con la calidad específica, lo que incluye el mínimo de impurezas.
2. Destilación fraccionada: (dos o tres etapas)
 - Destilación primaria
 - Destilación al vacío

<u>Fracciones de crudo</u>	<u>°API</u>
Nafta	60
Queroseno	
45	
Gas oil	28
Fuel oil	25

En las refinerías existe una amplia variedad de equipos en los que de una forma u otra se transfiere calor.

- Los intercambiadores de calor: Consiste en un envolvente cilíndrico dentro del cual va fijado un mazo de tubos. El producto más caliente o menos corrosivo debe pasar por el envolvente rodeando los tubos. Para máxima eficiencia el flujo de las dos corrientes se acopla a contracorriente. Los tubos del mazo van fijado a una cabeza, pero para permitir la expansión y la contracción, el otro extremo permanece como cabeza flotante. Dependiendo del empleo y la forma en que se intercambia el calor.
 - Condensadores: Son enfriadores donde se condensan vapores y gases, de los chorros superiores de destilación u otros tipos.
 - Enfriadores: Son equipos en los que intercambian calor una corriente o chorro del proceso con agua o aire, sin que ocurra cambio de fase.
 - Recalentadores: Son intercambiadores de calor con lo que se suministra calor al fondo de una columna de fraccionamiento o a una torre despojadora. La función de los recalentadores es liberar un chorro del proceso de las fracciones de hidrocarburos más ligeros que le acompañan, las cuales perjudicarían su calidad.
 - Hornos: Son diseñados para llevar el petróleo a la temperatura requerida, con el consumo mínimo de combustible, evitando la descomposición química de los hidrocarburos. Los hornos más comúnmente utilizados en la refinación de petróleo se pueden agrupar en tres tipos: de cabina, de caja y de cilindro vertical.
1. Tambores Separadores: Son cilindros que se utilizan para que en su interior se separe por su orden de densidad, las distintas fases del fluido procedente del condensador. Así por ejemplo una mezcla de gases, gasolina y agua.
 2. Eyectores: Un eyector es un tipo simplificado de bomba de vacío o compresor el cual no tienen pistón, válvulas, rotor u otras partes móviles. Este consiste

esencialmente de una tobera de vapor que descarga un jet a alta velocidad cruzando la cámara de succión que está conectada al equipo a ser evacuado. El gas es arrastrado por el vapor y cargado dentro de un difusor en forma de venturi, que convierte la energía de velocidad del vapor en energía de presión. Una de las formas de protección que se utiliza es la pintura, los metales se pintan para protegerlos de la corrosión y para hacerlos visualmente atractivos. El paso inicial de la preparación de su superficie es de gran importancia. No se trata sólo del desengrase sino que debe asegurarse que la superficie esté seca y libre de óxido o cascarilla. La pintura esta formada por un aceite secante, llamada vehículo, que formará una película y un pigmento finamente dividido. Además suelen contener diluyentes que rebajan la viscosidad y facilitan la aplicación, secantes que aceleran la oxidación del vehículo y su transformación en película dura, pigmentos inertes o de extensión, que favorecen la dispersión del pigmento y algunos plastificantes que reducen la fragilidad de la película.(Verde P. Rolando.1982).

1.4 Conclusiones parciales

1. La industria de la refinación de petróleo es alta consumidora de energía y a la vez contaminadora del medio ambiente.
2. La aplicación de técnicas de producción más limpia es una alternativa para disminuir la contaminación del medio ambiente y reducir los consumos de los portadores energéticos.

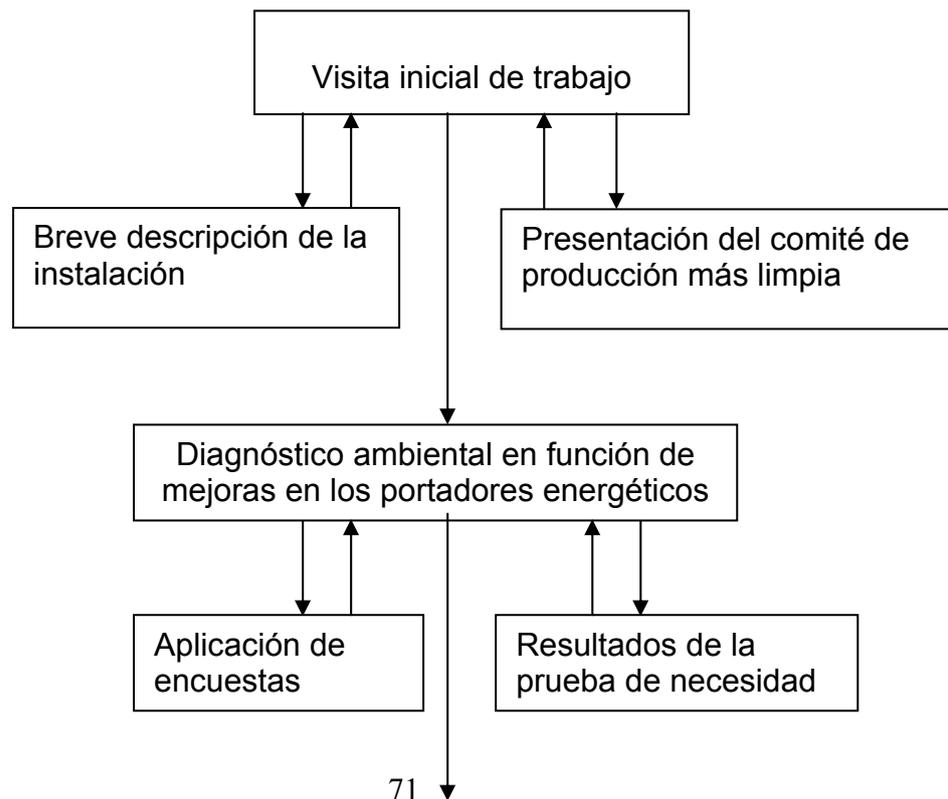
CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA DE PRODUCCIONES MÁS LIMPIA

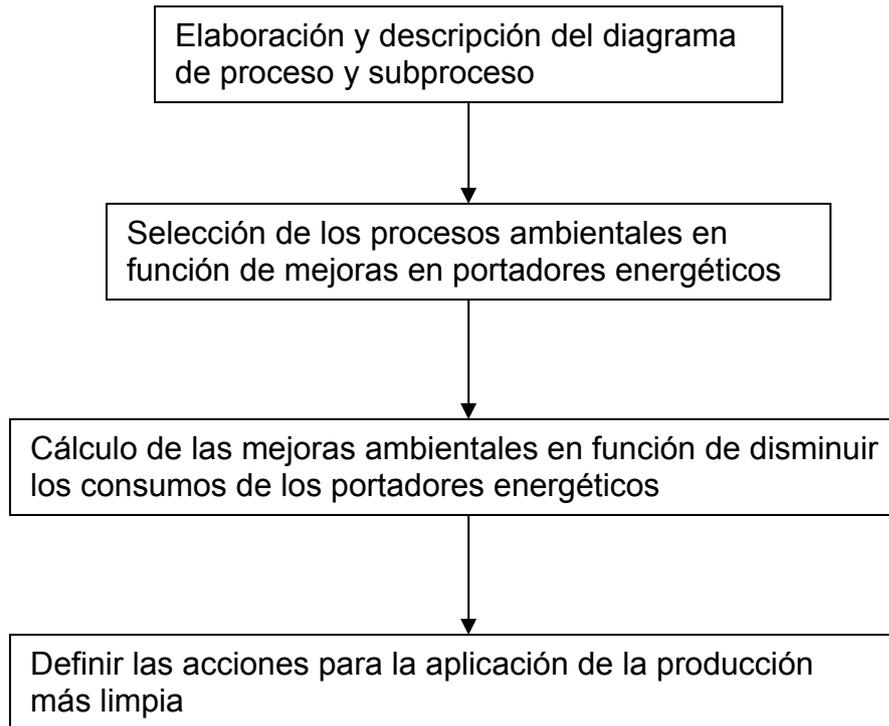
En el presente trabajo se analizó una población 311 trabajadores y de ellos se tomaron como muestra 223 entre operadores, técnicos y dirigentes de la empresa.

2.1. Metodología e instrumentos de recogida de la información utilizados.

El paradigma metodológico a seguir en la presente investigación es el cualitativo y cuantitativo puesto que es integracionista, busca hacer nuevas combinaciones, asociar elementos que no estaban relacionados e incluir elementos nuevos, lo anteriormente expuesto es precisamente lo que se propone esta investigación. Además dicho paradigma se interesa por el estudio del proceso en su origen buscando ahorros económico-ambientales.

Para la aplicación de las técnicas de producción más limpia se utiliza la siguiente metodología:





2.2 Visita inicial de trabajo.

Primeramente se busca la fecha de inauguración de la empresa, la ubicación geográfica, estructura organizativa, realizar una breve descripción de la instalación, plantas de proceso que la conforman, explicación de los diagramas de flujo de cada proceso, condiciones socioeconómicas, estado técnico de los equipos, tipo de tecnología, área que ocupa la empresa, cantidad de trabajadores y como se distribuyen según su nivel cultural, etc.

Se expresa la necesidad de realizar esta práctica dentro de la gestión por parte de la dirección de la empresa y del grupo de investigación y se forma un comité de trabajo. El cual se crea a partir del consejo técnico asesor de la empresa.

2.3 Diagnóstico ambiental y energético en función de mejoras en los portadores energéticos

En función de determinar el diagnóstico ambiental y energético se aplican encuestas a los trabajadores y técnicos de la Refinería Sergio Soto.

2.3.1 Técnicas de investigación

Para evaluar la posición de la empresa en función de los problemas ambientales y energéticos de la empresa en la refinación del petróleo así como el desempeño de esta en estas dos categorías se realizará una reunión inicial donde se aplican técnicas grupales como la lluvia de ideas y una encuesta.

Con la encuesta se puede recoger información sobre el estado actual de la entidad y esta se efectuará a los directivos y especialistas de la refinería. La realización de la encuesta permitirá obtener gran cantidad de datos de la empresa, la opinión de sus principales directivos sobre hechos y juicios personales.

Como desventaja tiene que, en ocasiones las preguntas que la componen no siempre pueden brindar la información que se necesita, las preguntas pueden distorsionarse y no todas pueden contestarse. Sus características más importantes son:

- Utiliza la llamada técnica del cuestionario, obteniendo los datos mediante preguntas a personas previamente elegidas.
- Supone un esfuerzo consciente por parte del encuestado para contestar dichas preguntas.
- Exige conocimientos de psicología de los encuestadores.
- Exige eliminar los elementos personales durante la obtención de los datos.
- Es muy útil y, a menudo, el menos costoso de los métodos científicos aplicables.

Ventajas

- Permite establecer contacto directo entre investigadores y encuestados.
- Hace posible el registro de todas las respuestas.

Desventajas

- Exige casi el mismo tiempo requerido para una entrevista y no posee su flexibilidad.
- Son necesarios conocimientos especializados.
- No es recomendable para pocas personas, por lo laborioso de su elaboración.

Para la planeación y ejecución de la encuesta empleada en el trabajo se siguieron una serie de pasos que influyeron en la calidad de las mismas. Las preguntas de control del sistema energético están organizadas de manera que se cumpla este objetivo, las mismas son de responder si, no, o no sé.

2.3.2 Análisis de las encuestas.

El objetivo principal de las encuestas es conocer el estado ambiental y energético de la instalación.

Las tres primeras preguntas están enfocadas a buscar información sobre si cada instalación tiene conocimiento del lugar que ocupan sus gastos energéticos, los portadores y lo que representan de los ingresos.

Las preguntas de la cuatro a la siete brindan información sobre el conocimiento de la existencia de un monitoreo y control de diferentes aspectos importantes para poder evaluar el desempeño ambiental.

Mediante las preguntas 8 y 9 se conocerá si los indicadores empleados en la instalación son eficientes, si cumplen con las expectativas que se esperan de ellos y si tienen nuevas propuestas de indicadores más eficientes que los existentes.

Las preguntas de la 10 a la 14 permiten conocer hasta que grado de complejidad se analizan los consumos energéticos y si estos se planifican fundamentados técnicamente siendo monitoreados y controlados.

Por último las preguntas de la 15 a la 20 se desarrollaron con el objetivo de conocer si el personal encargado de evaluar la eficiencia económica ambiental de la instalación realiza el trabajo con responsabilidad y compromiso con la misma, además saber si a este personal se le capacitaba para su mejor desempeño en el puesto de trabajo.

En función de profundizar en la información aportada por la encuesta y para obtener resultados sobre la coherencia entre lo que se expresa de forma verbal y lo que plasma en una documentación de trabajo es que se realiza el análisis de documentos atendiendo a las siguientes indicaciones: confección, fidelidad de los datos requeridos en él y fines con el que se creó, frecuencia de revisión y aspectos recogen los documentos.

La observación participante no encubierta se utiliza como vía para obtener información colateral que es de vital importancia en la triangulación de los resultados (entrevista), para la aplicación de este método se construyó una guía de observación

que sirviera como instrumento para el trabajo de campo.

Este método se consideró viable para la investigación puesto que su medición es no obstrusiva, quiere decir que el instrumento no “estimula” el comportamiento de los sujetos en sus respuestas, registrando solamente lo que estimulado por otros factores ajenos al instrumento ocurre.

Los resultados de la prueba de necesidad aplicada según la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía es un diagnóstico a analizar en la empresa, en ella se exponen la estructura de gastos, los portadores energéticos de mayor significación, las principales áreas de reducción de los consumos de los portadores energéticos, las cuales están enmarcadas en:

- Incrementar la eficiencia en el uso de las materias primas e incrementar el reciclaje.
- Introducción de tecnologías de alta eficiencia energética en las industrias de cemento, acero, química, de pulpa y papel y refinación de petróleo.
- Introducción de equipos de alta eficiencia en el sector comercial.
- Cambio a modos de transportación de menor consumo.
- Mejoras en la tecnología y la infraestructura del transporte.
- Aplicación de la arquitectura bioclimática y de los sistemas pasivos de climatización.
- Empleo de combustibles más limpios para el transporte.

Los informes técnicos mensuales es el documento que refleja toda la actividad técnica de la empresa, desde el comportamiento de los índices de consumos, cumplimiento de los índices de eficiencia energética, principales problemas tecnológicos que afecten estos indicadores, etc.

Se analiza también el manual de producción del MINBAS en su capítulo 8 referido al sistema de gestión energético de las empresas, el cual describe los procedimientos que deben estar implantados en cada entidad y así observar si la eficiencia energética se evalúa por lo establecido por el ministerio.

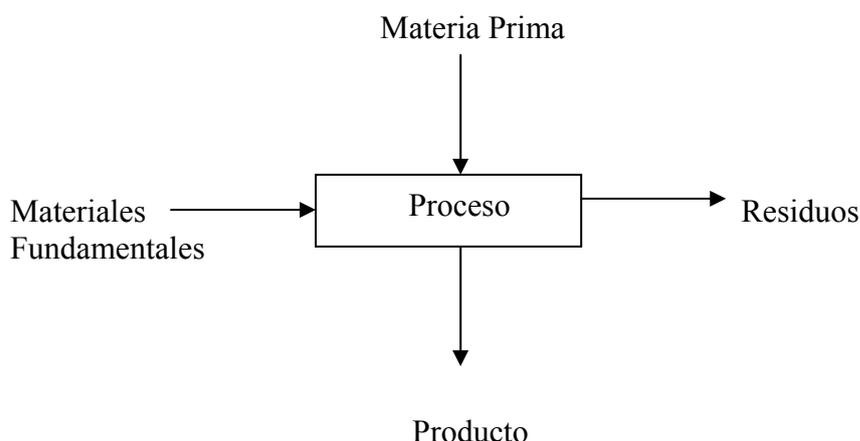
También se aplicó una encuesta ambiental a los trabajadores, técnicos y dirigentes de la empresa.

Esta encuesta se realizó con el objetivo de obtener información sobre los conocimientos que posee los trabajadores sobre medio ambiente y consta de seis preguntas (Anexo # 2).

La primera pregunta posibilitó recoger información sobre algunos conceptos ambientales. En la segunda se indagó sobre la información recibida de los problemas ambientales. La tercera recoge información sobre las vías por las que obtiene información. La cuarta pregunta da una visión sobre la identificación de problemas ambientales en la fábrica. La quinta proporciona información sobre las medidas que pudieran implementarse en la fábrica para resolver los problemas medios ambientales y la sexta nos facilitó conocer el interés de los trabajadores por los problemas de la fábrica.

2.4 Elaboración y descripción del diagrama de proceso y subproceso.

Los diagramas de proceso y subproceso se confeccionan a partir del flujo tecnológico, desde la llegada de la materia prima fundamental hasta la salida de los productos terminados, se confecciona a partir de diagramas de bloques donde se especifica el flujo de materiales, teniendo en cuenta las normas establecidas para su adición en el proceso (ver anexo 3,4,5 y 6 Esquema y Descripción de los procesos tecnológicos); los parámetros fundamentales (anexo 7); los productos y tratamientos auxiliares con las normas de su aplicación. A continuación un diagrama general de lo expuesto.



2.5 Selección de los procesos ambientales en función de mejoras en portadores energéticos.

Los procesos ambientales y energéticos se describen a partir de cada etapa expuesta en los diagramas de entrada y salida, según los criterios de los expertos se dividen por etapas productivas, teniendo en cuenta las fases a la que es sometida la materia prima fundamental y después sus derivados hasta obtener los productos terminados y a estas etapas se realiza un análisis técnico de lo que sucede, si es una violación del proceso tecnológico, que se incumple con las normas de proceso establecidas, si un equipo se encuentra en mal estado y no opera eficientemente o presenta problemas técnicos, también si se pueden realizar modificaciones tecnológicas, reutilización de una corriente o flujo o aprovechamiento de un residual. Se analizan los impactos al medio ambiente teniendo en cuenta la situación problemática, y porque están ocasionados, si es producto de una reacción química, o debido a las características físico-químicas de las materias primas, combustibles o materiales fundamentales, si está ocasionado por mal funcionamiento de equipos o por falta de mantenimientos. Se muestrea la carga contaminante emitida por las calderas y hornos al aire través de los muestreos realizados por el Centro de Investigaciones del Petróleo (CEINPET), los cuales se realizan dos veces al año, una en cada semestre, por el período de una semana y tomando muestras cada una según la operación de los equipos. Las mediciones realizadas por el CEINPET en los gases de salida de las calderas y los hornos tienen en cuenta el combustible que se quema, el cual es producto de una mezcla de crudo Pina y Cojímar con 3.5 % de azufre. Las calderas presentan una chimenea única aunque en operación estable siempre están la B-606 y la B-607 y cada horno presenta su conducto de salida de los gases independiente. Los análisis de contaminantes gaseosos en las calderas y hornos se realizaron con un analizador MSI Compact D de la firma Draeger. El muestreo y análisis de partículas (PST) se realizó por el método gravimétrico (ISO 9096) mediante su recogida en un portafiltros.

El muestreo para determinar hidrocarburos aromáticos totales se realizó sobre carbón activado con posterior elusión con n-hexano para su análisis por espectroscopia Ultravioleta en un espectrofotómetro Cintra 40 de la GBC, utilizando n-hexano bidestilado como referencia. La concentración se calculó mediante curva de calibración preparada con un patrón internacional. Los valores de absorbancia se obtuvieron a 255 nm con cubetas de cuarzo de 1 cm. de paso de luz, slit de 2.0 nm y tiempo de integración 2 s.

Las evaporaciones de las fracciones ligeras del diesel por las altas temperaturas de

almacenamiento se comprueban diariamente en el balance de combustibles diario que se realiza en la empresa a las 3:00 pm, la norma permisible es de 0.6 % y estos en producción se sobrepasan.

Las mediciones de la salida de los gases de vacío se realizó utilizando los mismos métodos que para los gases de combustión expuestos anteriormente, excepto para el sulfuro de hidrogeno que se realizó por mediación de un tren de muestreo absorbiéndose el analito en solución específica para luego ser analizada por el método de valoración, se realizó también la medición de flujo para conocer la carga contaminante que emite al medio.

La modelación de dispersión del contaminante emitido por la chimenea se ejecutó utilizando el MODEL SCREEN3 .VERSION DATED 95250. Los datos de las emisiones de la torre de vacío para los cálculos de dispersión fueron obtenidos de la propia fuente. La modelación de la dispersión se realizó para el H₂S que es el contaminante fundamental emitido por la fuente evaluada.

Las aguas residuales de planta de aceites fueron caracterizadas por el CEINPET según los análisis establecidos para este tipo de residual.

A los suelos contaminados con hidrocarburos se les realizan análisis también en el Centro de Investigaciones del Petróleo a través de las técnicas de seguimiento analítico químico – microbiológico del proceso de biorremediación mediante la técnica de Bioestimulación, aplicado a los residuos sólidos petrolizados (RSP). En los análisis se emplearon métodos standards establecidos, APHA 5520 e ISO 8199. Los análisis de conteo de microorganismos totales, conteo de microorganismos degradadores de hidrocarburos, nitrógeno y fósforo total fueron subcontratados al laboratorio de química y biotecnología del CEINPET.

Las aguas residuales de la Refinería Sergio Soto corresponden al tipo de vertimiento que por las características del cuerpo receptor es clase C y las concentraciones permisibles se reflejan en la NC 27:1999 “Vertimiento de aguas residuales terrestres y al alcantarillado”. Las especificaciones de la misma se relacionan a continuación:

PH 6-9

Conductividad eléctrica: 3500 uS/cm

Temperatura: 50 °C

Grasas y Aceites (hidrocarburos): 15 mg/L

Sólidos sedimentables totales: 5mL/L

DBO5: 60 mg/L

DQO: 120 mg/L

Nitrógeno Total: 20 mg/L

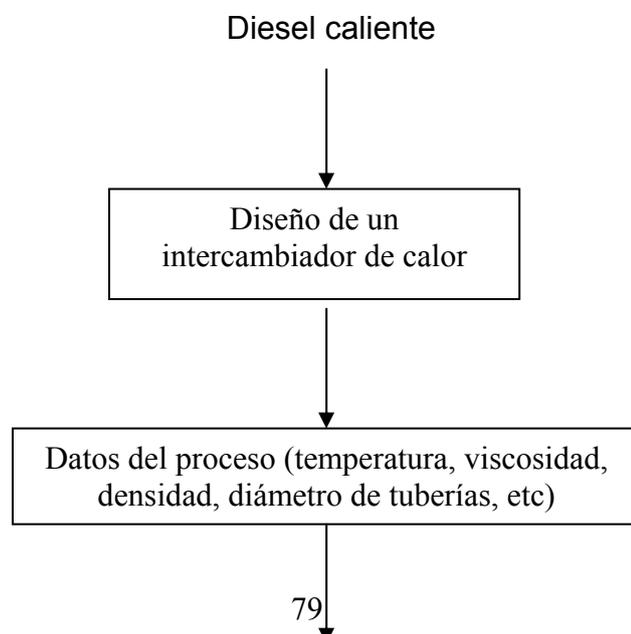
Fósforo total: 10 mg/L

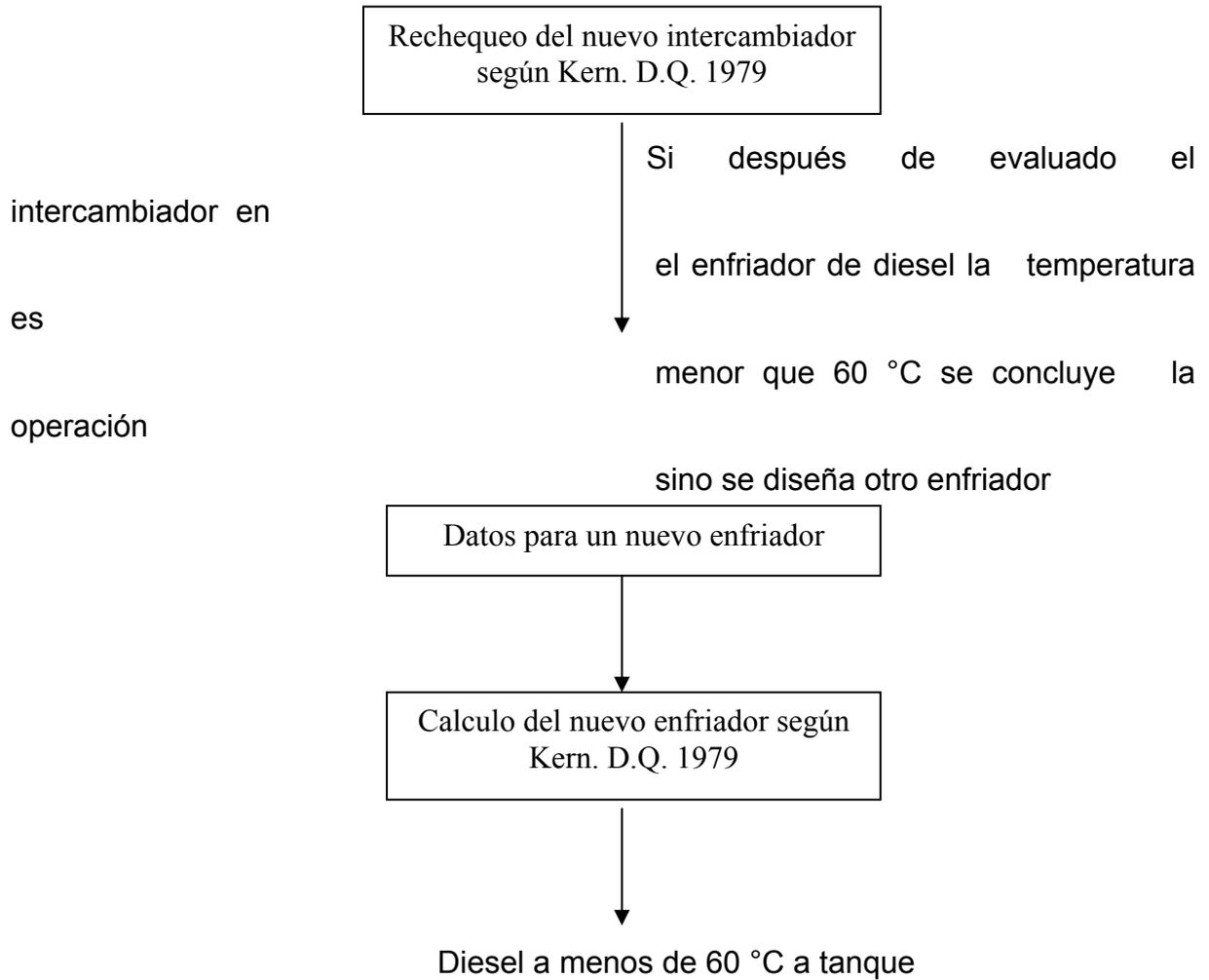
Se realiza un estudio energético para ver si se puede ahorrar algún portador o si eliminando el efecto podemos disminuir los consumos energéticos tan necesarios en estos momentos; se definieron por cada fase las etapas analizadas y a estas la disminución de los consumos en los portadores energéticos. Para ello se buscaron datos en Ferrocarriles Villa Clara y en la división de TransCupet de Cabaiguán, los datos solicitados a las direcciones técnicas de estas entidades fueron los índices de consumo de locomotoras y pailas respectivamente, así como las tarifas aplicadas en la transportación por estas entidades para calcular los consumos de combustibles, el número de viajes y a la vez el costo por tarifa de la transportación.

Se efectuaron balances de masa y energía en el generador B-606 y B-607 por estar el mayor tiempo en operación, para definir los consumos de combustible, agua y electricidad, para ello se tomaron las temperaturas del combustible y el agua y así buscar las entalpías de las mismas con las características del vapor.

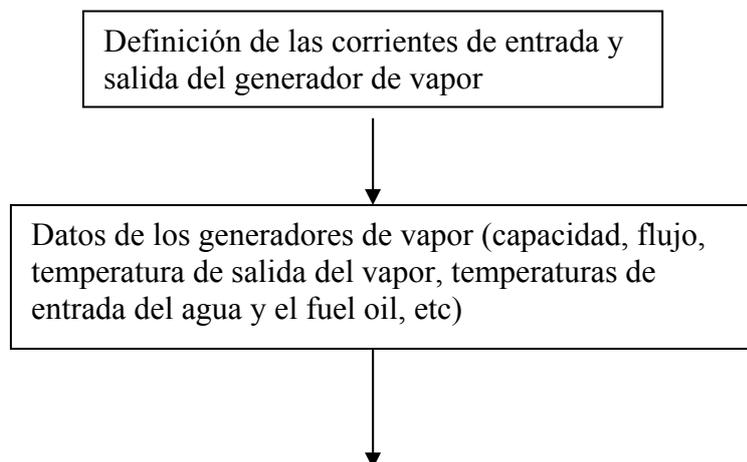
Los estudiaron los datos de diseño de los equipos y sus capacidades, así como los informes técnicos mensuales para definir que el no aprovechamiento de la capacidad instalada en la empresa afecta los consumos de los portadores energéticos de la misma.

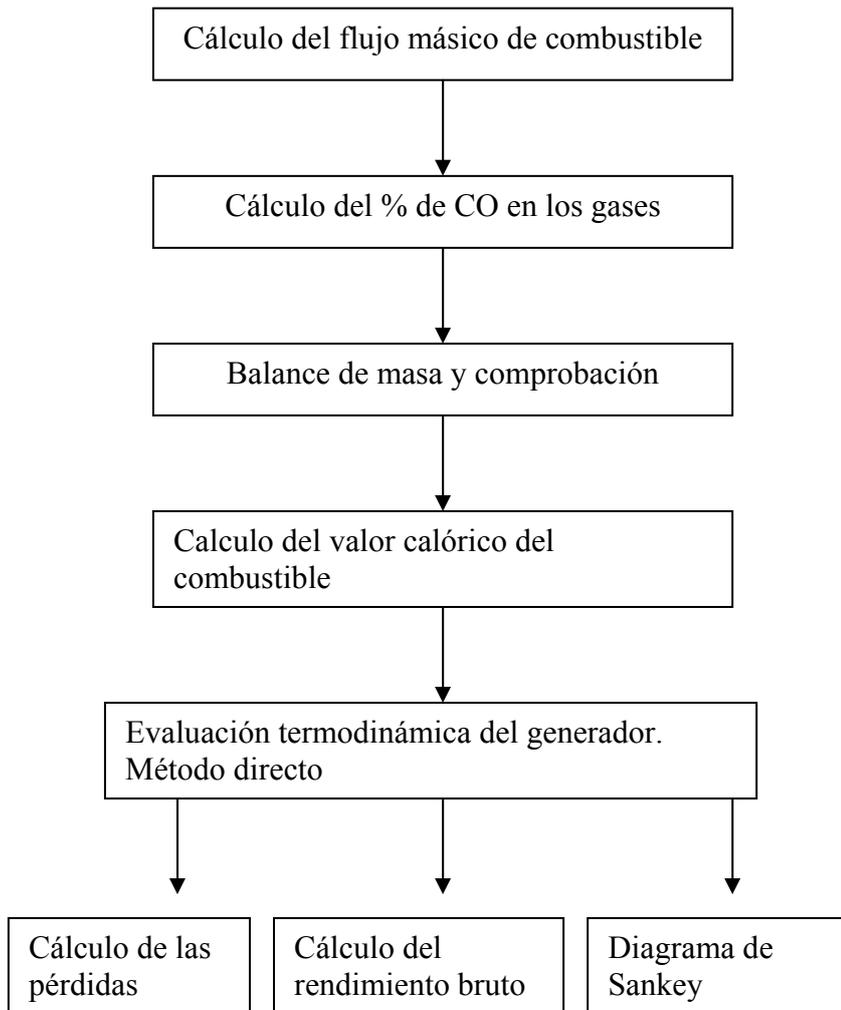
Las altas temperaturas de almacenamiento del diesel se eliminan con dos variantes principales una el montaje de otro intercambiador de calor delante del banco de intercambio u otro enfriador de diesel, para ello se ejecutó el siguiente algoritmo:





Cuando las unidades de destilación están paradas el uso correcto de las calderas es un indicador de eficiencia, para ello se ejecutó el software en Excel orientado por la unión Cupet para ello y el cual describe el siguiente algoritmo:





Para las pérdidas de calor en las tuberías se utilizó la fórmula del (KERN. D. Q. 1979), la cual se expresa como sigue:

$$q = 2 \pi K_c / \ln D_1 / D_s * (t_s - t_1)$$

Donde:

q = Flujo de calor

Kc = Conductividad térmica

D₁ = Diámetro exterior

D_s = Diámetro interior

T_s = Temperatura interior

T₁ = Temperatura exterior

Después de definidos los impactos tecnológicos y ambientales y los problemas energéticos se realiza una evaluación técnica para eliminar las causas que provocan lo expuesto anteriormente.

2.6 Propuestas de las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos

Por último se exponen las mejoras ambientales al proceso así como la disminución de los consumos de los portadores energéticos asociados a esta etapa, se calcula la carga contaminante dejada de emitir a la atmósfera por la combustión de los motores diesel de los camiones de combustibles, la cual se calcula por un estándar formula por el CEINPET DE 10.1 Kg de CO₂/ galón de diesel consumido. También se elimina un volumen de carga contaminante del medio ambiente en todas las fases que llevan a reducciones de los consumo de fuel oil en hornos y calderas, según indicadores establecidos en el CEINPET es de 2.98 kg CO₂ por litros de fuel oil.

Los gases emitidos por el proceso de destilación al vacío después de ser tratados disminuyen significativamente los contaminantes como son el sulfuro de hidrogeno, compuestos orgánicos volátiles, aromáticos, dióxido de azufre y monóxido y dióxido de carbono, las emisiones de sulfuro de hidrógeno se comprueban con los análisis diarios como se describen en el epígrafe anterior, al quemar en el horno los demás gases y teniendo los valores calóricos netos del gas y del fuel oil por las siguientes ecuaciones se calcula la cantidad de fuel oil ahorrado:

$$Q_c = VCS \text{ gas} * \text{eficiencia del quemador}$$

$$M_c (\text{fuel oil}) = ((Q_{abs}/\text{efic. Horno}) - (q_c \text{ gas} * m_{gas})) / q_{cfuel}$$

Después de realizada la biorremediación se exponen los resultados de los análisis del CEINPET y con estos la disminución en contaminantes a los suelos.

Con la clasificación de los desechos para su reciclaje se recupera un volumen de residuos para su reutilización.

También se ejecuta un análisis económico para conocer el costo de la inversión de la solución, su período de recuperación y el ahorro que traerá consigo y las soluciones que no requieran inversión material. Al final de realizar el estudio de todas las etapas de cada fase determinada se resumen la cantidad necesaria para

cubrir las inversiones, el monto que se ahorrara y la factibilidad de esta aplicación para la Empresa Refinería Sergio Soto.

2.7 Análisis de indicadores económicos

Para reafirmar lo anteriormente dicho se realizan por etapas el cálculo del valor actual neto (VAN), la tasa interna de rendimiento (TIR) y período de recuperación de la inversión (PRI), de los que se exponen los principales conceptos:

VAN

- El valor actual neto surge de sumar los flujos de fondos actualizados de un proyecto de inversión.
- Mide la riqueza que aporta el proyecto medida en moneda del momento inicial.
- Para actualizar los flujos de fondos, se utiliza la tasa de descuento.
- La regla de decisión es la siguiente: o aceptar los proyectos con $VAN > 0$ o rechazar los proyectos con $VAN < 0$, o es indiferente aceptar o rechazar los proyectos con $VAN = 0$
- Entre dos proyectos alternativos, se debe seleccionar el que tenga mayor VAN
- Existe un único VAN para cada proyecto
- Considera todos los flujos de fondos del proyecto.
- Considera los flujos de fondos adecuadamente descontados.
- Mide la rentabilidad en términos monetarios.

TIR

- Son todas aquellas tasas que hacen que el $VAN = 0$.
- Considera todos los flujos de fondos del proyecto.
- Considera los flujos de fondos adecuadamente descontados.
- La regla de decisión es la siguiente:
Aceptar los proyectos con $TIR > r$, siendo r la tasa de corte previamente definida.
- Puede existir más de una TIR por cada proyecto, dependiendo del comportamiento de los flujos de fondo.

- Existirá una única TIR para un proyecto cuando este se considere bien comportado, o sea, que haya un único cambio de signo de los flujos de fondos.
- Mide la rentabilidad en términos porcentuales.

PRI

- Se interpreta como el tiempo necesario para que el proyecto recupere el capital invertido.
- Mide la rentabilidad en términos de tiempo.
- No considera todos los flujos de fondos del proyecto, ya que ignora aquellos que se producen con posterioridad al plazo de recuperación de la inversión.
- No permite jerarquizar proyectos alternativos.
- No considera los flujos de fondos adecuadamente descontados.
- La regla de decisión es la siguiente:
 Aceptar los proyectos con $PRI < p$, siendo p el plazo máximo de corte previamente definido.

El VAN se calcula por la sumatoria del flujo de caja dividido el $(1 + \text{el interés})$ elevado al número de etapas, a esta sumatoria se le resta el valor de la inversión.

Para evaluar el resultado del VAN se tiene en cuenta lo siguiente:

Valor	Significado	Decisión a tomar
$VAN > 0$	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto puede aceptarse
$VAN < 0$	La inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida (r)	El proyecto debería rechazarse
$VAN = 0$	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Los cálculos de los indicadores económicos se ejecutan a través de un programa montado en Excel, el cual permite obtener los resultados al introducir los datos, para el mismo se introdujo la fórmula siguiente:

$$VAN = (E_{i=1}^n F_{ci} / (1+r)^n) - I$$

Donde:

VAN = Valor actual neto

Fc = Flujo de caja

r = Tasa de corte o interes

I = Inversión

n = Número de etapas

Para el cálculo del mismo se tomaron los flujos de caja para 10 años, así como la tasa de rentabilidad y el valor de la inversión.

2.8 Acciones para aplicar las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos

Los criterios analizados para definir las acciones en busca de disminuir los costos de los portadores energéticos en la Refinería Sergio Soto de Cabaiguán a partir de la aplicación de técnicas de producción más limpia se realiza a partir de la metodología anteriormente descrita.

Es importante esclarecer que las acciones que se propongan tienen el objetivo de corregir los errores que se están cometiendo y afectan el buen desenvolvimiento de la empresa y son una guía para mejorar los resultados alcanzados hasta el momento por la empresa. En este paso hay que definir el ¿Qué hay que hacer?, ¿Cuándo hay que hacerlo?, ¿Qué recursos se disponen para la ejecución de las acciones? y ¿Quiénes son los responsables?

2.9 Conclusiones Parciales.

1. Aplicar la metodología propuesta para la implementación de técnicas de producciones más limpias con mejoras en los portadores energeticos

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1 Visita inicial de trabajo

3.1.1 Breve descripción de la instalación

Se realiza la visita inicial de trabajo, la que se efectúa en el marco del consejo técnico asesor efectuado el 16 de julio del 2009, ver acta del mismo (anexo 8).

La Refinería Sergio Soto fue fundada el 20 de diciembre de 1947, en aquellos momentos contaba solo con la torre de destilación atmosférica, después del Triunfo de La Revolución en 1959 empieza a recibir crudo soviético y amplía sus niveles de refinación, en los finales del ochenta y la década del 90 acontecen dos hechos importantes dentro de sus modificaciones tecnológicas, que son el montaje de la planta de aceites básicos y la torre de destilación al vacío.

En estos momentos la empresa cuenta con tres plantas, destilación atmosférica, destilación al vacío y la planta de aceites básicos, en las cuales se refina crudo cubano con dos objetivos fundamentales, la producción de aceite para transformadores y asfalto, cada una obtenida de los crudo procedente de los yacimientos Pina-Majagua y Matanzas (Varadero y Occidente) respectivamente (ver figura 3.1), también dentro de sus objetivos fundamentales esta la comercialización de los destilados del petróleo en la provincia Sancti Spiritus.



Figura 3.1. Refinería Sergio Soto y yacimientos de suministradores

Después de los tratamientos iniciales al crudo, el proceso comienza en la unidad de destilación atmosférica, donde se obtienen como productos terminados la nafta, nafta reductora de viscosidad, queroseno, diesel, solvente Cabaiguán y crudo reducido, este último es la materia prima para la unidad de destilación al vacío de la que resultan como producción, el diesel, cortes laterales como materias primas para la fabricación de aceites básicos, fuel oil y asfalto. En los anexos 3, 4, 5 y 6 se muestran los diagramas de flujo y descripción del proceso tecnológico.

El principal producto de la empresa es el aceite para transformadores obtenido del proceso de refinación del corte lateral, también se comercializan el aceite AC-12-I como base y el componente Sigatoka para la plaga del mismo nombre en las plantaciones de plátano. En los anexos 5 y 6 se muestra el diagrama de flujo de la planta y su descripción tecnológica.

Lo más valioso dentro de la refinería son sus recursos humanos distribuidos por 5 UEB y 4 direcciones estratégicas según se muestra en el esquema de la estructura organizativa de la empresa (figura 3.2).

De los 311 trabajadores, 33 son dirigentes, 123 técnicos y 155 obreros.

3.1.2 Presentación del comité de producción más limpia

En el consejo técnico asesor efectuado el 16 de julio del 2009 se toma como acuerdo crear el comité de producciones más limpias en la Refinería Sergio Soto el cual queda integrado por los siguientes compañeros:

Ing. Mijail Bonachea Crespo. Especialista Principal de Tecnología

Ing. Carlos Blanco Valdivia. Especialista de Gestión Ambiental

Ing. Rosa Darías Pérez. Especialista en uso racional de la energía

Ing. José Rodríguez Pérez. Tecnólogo de procesos industriales

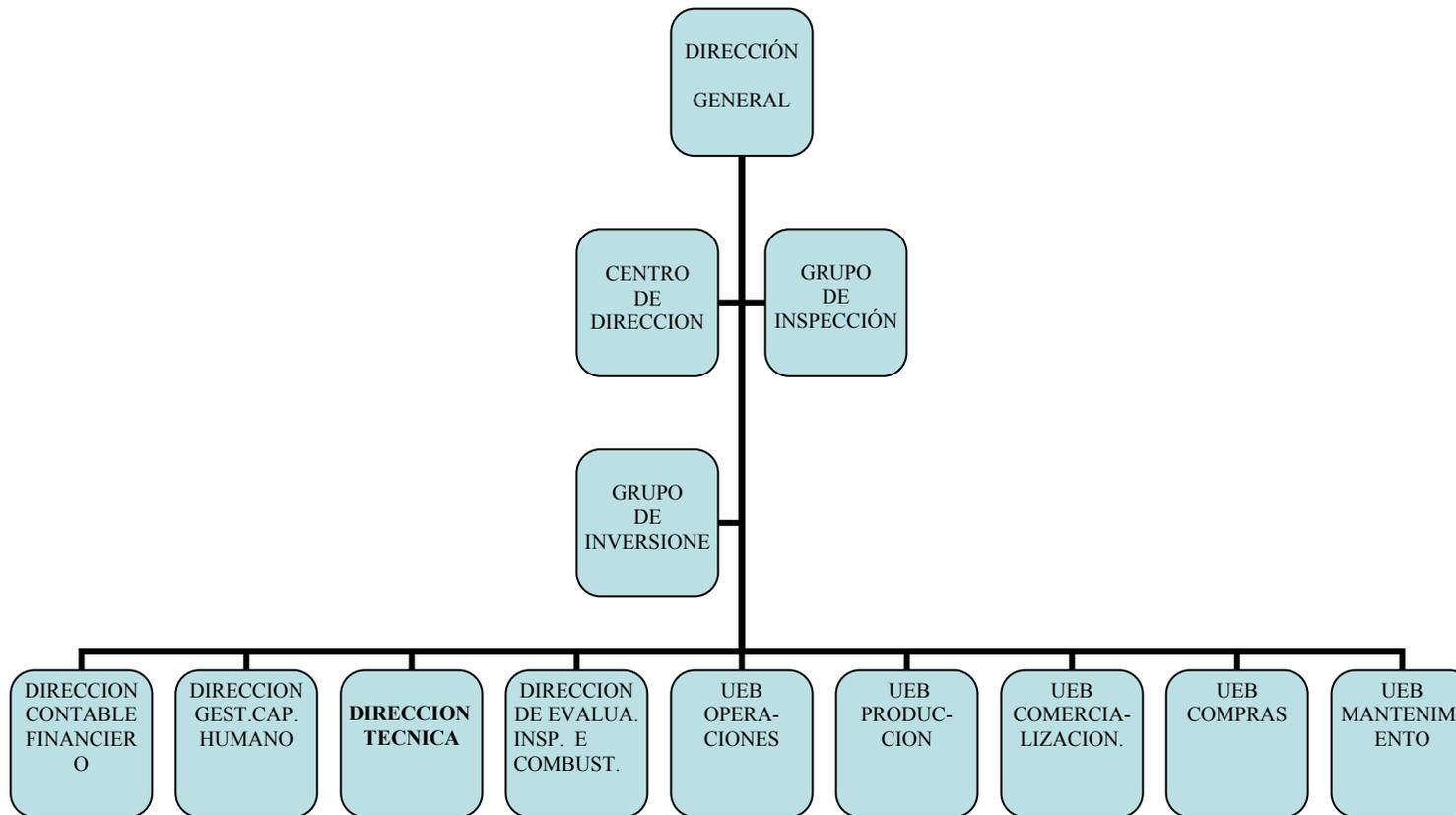


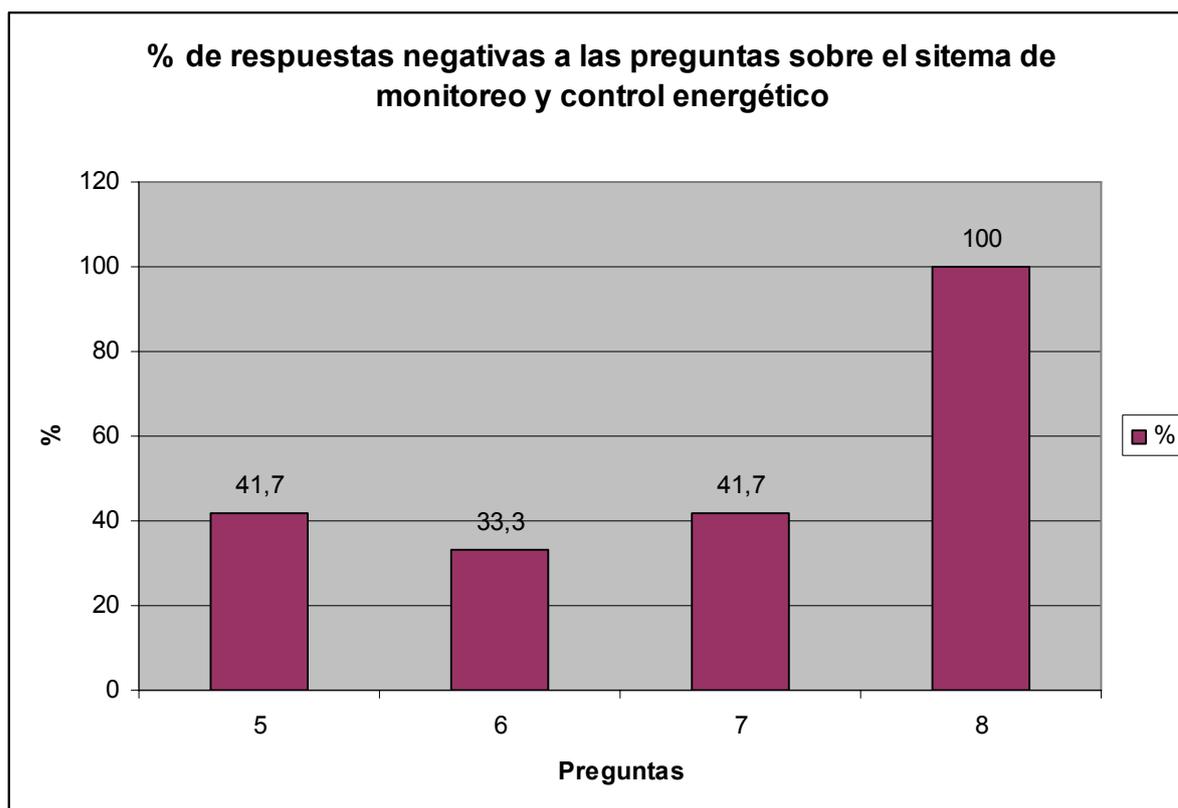
Figura 3.2. Estructura organizativa de la empresa

3.2 Diagnóstico ambiental en función de mejoras en los portadores energéticos

3.2.1 Aplicación de las encuestas al control del sistema energético

En las primeras cuatro preguntas existió coincidencia del 100% de los encuestados en el conocimiento del peso total de los portadores energéticos en el costo de producción, la estructura de consumo de cada portador y la existencia de un sistema de monitoreo y control energético con registros por áreas para su realización.

Los resultados de las preguntas 5 a la 8 referente a los indicadores de eficiencia, planificación energética y fundamentación de los índices actuales utilizados se muestran en la figura 3.3.



Fuente: Bonachea Crespo. M. 2010

Figura 3.3. El gráfico muestra las respuestas sobre las preguntas que evalúan el sistema de monitoreo y control.

1. 5. ¿Está basado el sistema de monitoreo y control de la eficiencia energética en índices de eficiencia, consumo y economía energética?
2. 6. ¿La planificación del consumo de portadores y el monitoreo y control llega

hasta las áreas y equipos mayores consumidores?

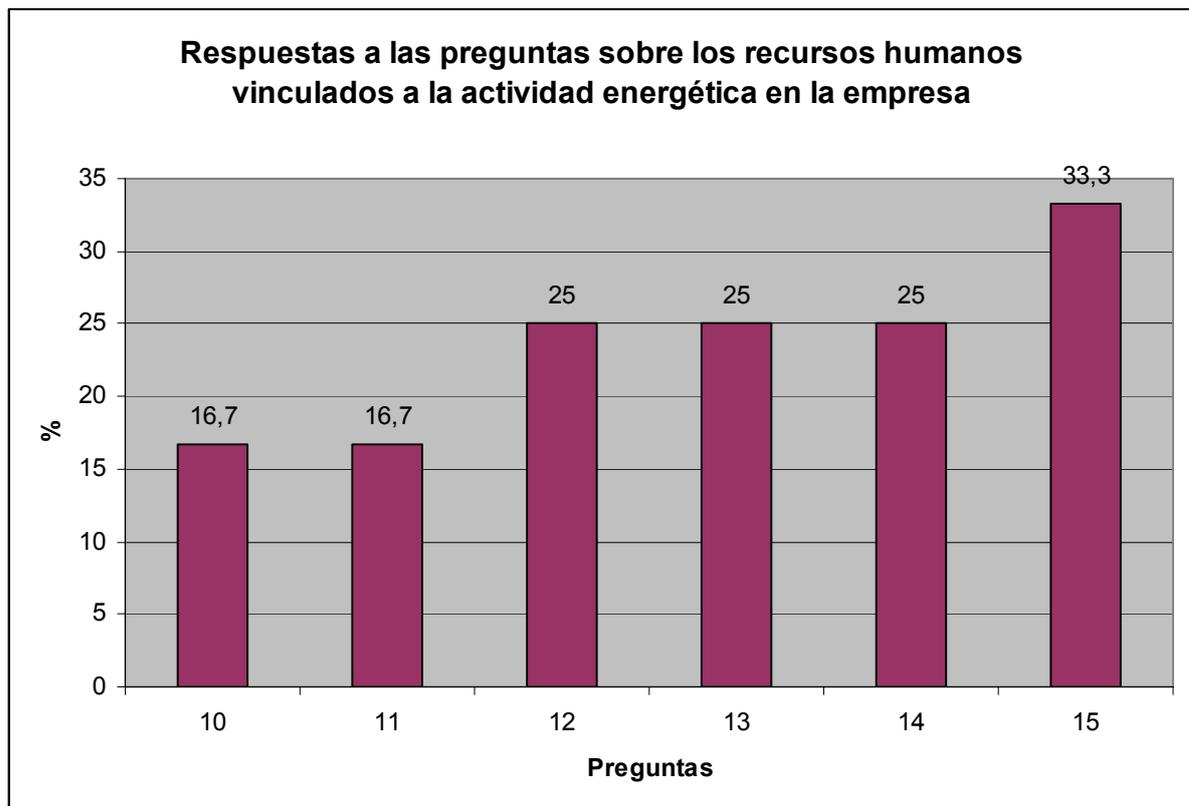
3. 7. ¿Se monitorean índices de eficiencia, consumo y economía energética en los niveles necesarios?

4. 8. ¿Las áreas y equipos mayores consumidores cuentan con estándares y metas de consumo fundamentadas técnicamente?

Como se puede observar el 41.7 % de los encuestados plantea que el sistema de monitoreo y control no esta basado en índices de eficiencia, el 33.3 % plantea que la planificación del consumo no llega hasta los equipos máximos consumidores, el 41.7 % considera que aún el monitoreo y control de los índices de eficiencia no llega a los niveles necesarios y el 100 % plantea que los equipos máximos consumidores no cuentan con estándares y metas de consumo y solo esto se encuentra a nivel de empresa.

Con respecto a los recursos humanos vinculados a la eficiencia energética el 100 % de los encuestados considera que están identificados, pero el 16.7 % de ellos plantea que no están identificados los problemas de prácticas ineficientes de estos recursos humanos y el nivel de competencia de ellos no es el adecuado, también el 25 % de ellos considera ha existido inestabilidad del persona y que es necesario una recalificación del personal.

Por último el 25 % de los evaluadores consideran que no están establecidos mecanismos de interés funcionales para la eficiencia energética en la empresa y el 33.3% de ellos plantea que estos recursos humanos no están bien estructurados y organizados en la tarea, ver figura 3.4.



Fuente: Bonachea Crespo. M. 2010

Figura 3.4 Muestra el gráfico sobre el resultado de las preguntas que evalúan los recursos humanos de la empresa vinculados a la eficiencia energética de la misma.

Todos plantean que existe un plan de inversiones a corto mediano y largo plazo y que la empresa ha desarrollado inversiones al respecto en los últimos años, vinculados fundamentalmente a las actividades de la revolución energética que desarrolla el país desde el 2005.

Con respecto a la tarifa eléctrica que se aplica a la empresa el 50% de los encuestados no sabe si es la adecuada, por lo que se refleja falta de información al respecto.

Las encuestas aplicadas para obtener información sobre los conocimientos que poseen los trabajadores sobre el medio ambiente dejó los siguientes resultados:

Total de encuestados 141 trabajadores.

De ellos 20 mujeres y 121 hombres.

- **Pregunta 1**

Tabla 3.1 Resultados sobre los conceptos que se relacionan con el medio ambiente.

Indicadores	Cantidad	Por cientos
Entorno	116	82%
Flora y Fauna	48	34%
Plantas	32	23%
Interacción hombre naturaleza	120	85%
Olores	73	52%
Relación hombre Naturaleza	92	65%

Fuente: Bonachea Crespo. M. 2010

Como puede observarse en la tabla 3.1, de 141 trabajadores encuestados, el 82% respondió que el entorno es un concepto que se relaciona con el medio ambiente, el 34% planteo que la flora y fauna, el 23% que las plantas tienen relación, el 85% contesto la Interacción Hombre Naturaleza, el 52% por los olores y 65% le dio mayor importancia a la interacción hombre naturaleza.

Estos resultados evidencian que los conocimientos en relación a los conceptos que se relacionan con el medio ambiente aun pueden ser mejorados, siendo la relación más baja la referente a Plantas.

- **Pregunta 2**

Tabla 3.2 Resultados sobre la información de los problemas ambientales.

Indicadores	Cantidad	Por ciento
Mucha	27	19%
Poca	17	12%
Regular	47	33%
Ninguna	--	--

Fuente: Bonachea Crespo. M. 2010

En la tabla 3.2 se evidencia que del total de trabajadores encuestado, el 19% manifestó que recibe mucha información sobre los problemas ambientales, el 12% contestó que, recibe poca información de los problemas ambientales, y el 33% manifiesto que regularmente recibe está información.

Lo antes descrito posibilitó constatar o asegurar que la mayoría de los trabajadores recibe alguna información sobre los problemas ambientales.

- **Pregunta 3**

Tabla 3.3 Resultados sobre las vías que obtiene información sobre el medio ambiente.

Indicadores	Cantidad	Por ciento
Televisor	141	100%
Poder popular	----	---
Radio	141	100%
Amigos	8	6%
Revistas	85	60%
Centro de trabajo	55	39%
Familia	10	7%
Otras cuales	---	----

Fuente: Bonachea Crespo. M. 2010

Se puede constatar en la Tabla 3.3 que del total de encuestado, el 100% respondió que por la televisión y por radio, el 6% por los amigos, el 60% revistas, 39% al centro de trabajo, 7% a la familia y ningún compañero se refirió a otras cuales.

Lo anterior de muestra que los trabajadores encuestado recibe la mayor cantidad de información por la televisión y la radio siendo la menor incidencia la de la familia. Existiendo aún dificultades en la divulgación del tema por el centro de trabajo.

- **Pregunta 4**

Tabla 3.4 Resultados sobre los problemas ambientales que estén presentes en la fábrica.

Indicadores	Cantidad	Por ciento
Mal olor en el aire	141	100
Mal olor en el agua	---	---
Polvo	7	5%
Ruido	8	6%
Deterioro de locales	---	---
Otras Cuales	141	100

Fuente: Bonachea Crespo. M. 2010

Como se puede observar en la tabla 3.4 de 141 trabajadores encuestado, el 6% respondió al ruido, el 5% polvo y el 100% al mal olor en el aire y también el 100% habla sobre otras, a las que refieren el vertimiento de aguas con hidrocarburos.

- **Pregunta 5**

Tabla 3.5 Resultados sobre las medidas que usted considere están presentes en la fábrica.

Indicadores	Cantidad	Por Ciento
Ahorro energético y fuentes de energía	121	91%
Educación como evitar la contaminación	129	92%
Tratar los residuales	141	100%
Capacitación	104	74%
Priorizar los recursos hacia la zona en que inciden la contaminación	31	22%

Fuente: Bonachea Crespo. M. 2010

En la tabla 3.5 se corroboró que, de 141 trabajadores encuestados, el 92% respondió a Educar como evitar la contaminación, el 100% tratar los residuales y el 22% Priorizar los recursos hacia la zona en que inciden la contaminación, el 91% opina que el ahorro energético y fuentes renovables de energía es importante y el 74% tienen en cuenta que la Capacitación es necesaria.

- **Pregunta 6**

Tabla 3.6 Resultados sobre el interés de los problemas ambientales en la fábrica.

Indicadores	Cantidad	Por Ciento
Siempre	6	4%
De vez en vez	131	93%
Algunas veces	10	7%
Pocas veces	8	6%
Nunca	32	23%
No me interesa	4	3%

En la tabla 3.6 se corroboró que, de 141 trabajadores encuestados, el 93% respondió que De vez en vez, el 7% algunas veces, el 4% respondido siempre, el 6% pocas veces, el 25% nunca y el 3% no le interesa.

Por tal motivo todo lo anterior evidencia una vez más la necesidad de identificar las oportunidades de mejora en el origen de los problemas ambientales.

3.2.2 Resultados de la prueba de necesidad

En el año 2009 se consumieron en portadores energéticos un total de 3319.01 toneladas de combustible convencional, desglosadas de la forma siguiente.

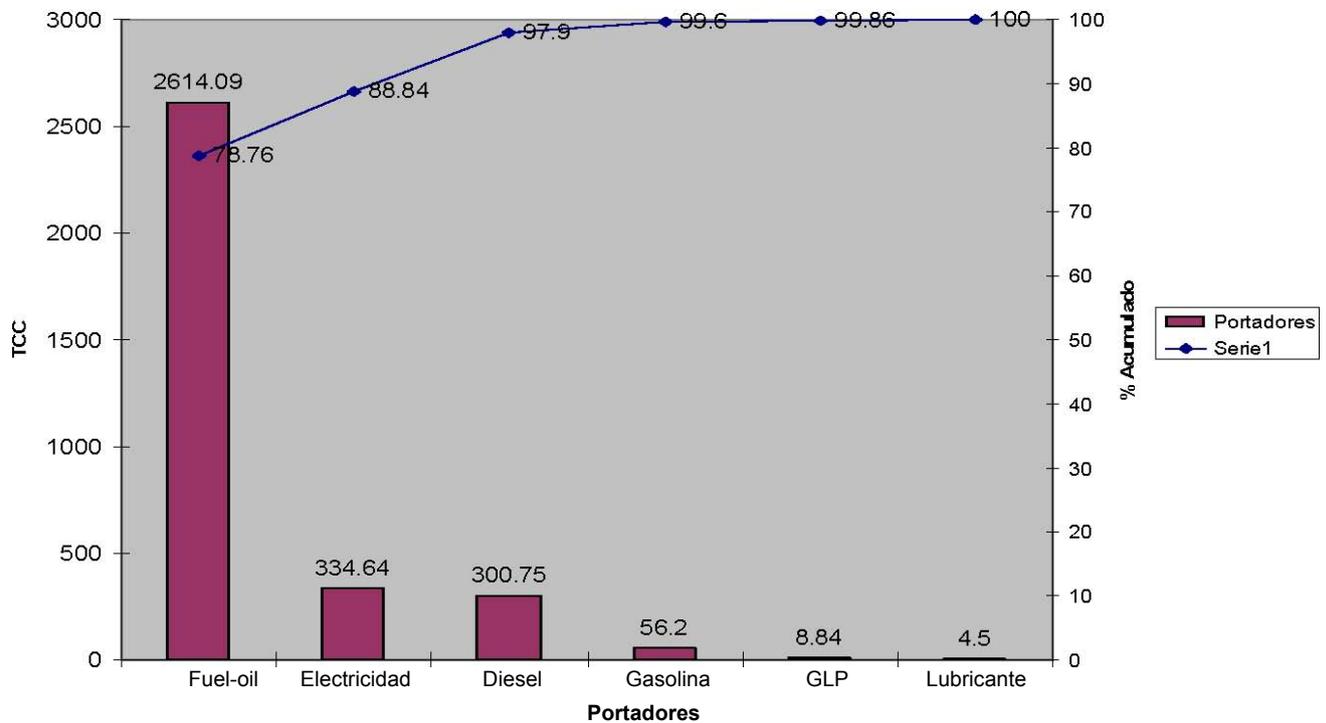
Tabla 3.7 Estructura de consumo de portadores energéticos año 2009.

Portadores	TCC	%	% Acumulado
Fuel-oil	2614.09	78.76	78.76
Electricidad	334.64	10.08	88.84
Diesel	300.75	9.06	97.90
Gasolina	56.20	1.69	99.60
GLP	8.84	0.27	99.86
Lubricante	4.50	0.14	100.0
Total	3319.01	100.0	

Fuente. Departamento de tecnología.2009

El Fuel-Oil y la electricidad tienen el peso fundamental en el consumo de energía representando en conjunto el 88.84 % del consumo total de portadores energéticos y de ellos el mayor peso lo posee el Fuel Oil con el 78.7 % del total.

Comportamiento de consumo de portadores energéticos, año 2009. TCC



Fuente. Departamento Económico.2009.

Figura 3.5 Estructura de portadores energéticos de la empresa. Año 2009

Los consumos de fuel oil están bien definidos en tres áreas fundamentales: área de generación de vapor, horno de destilación atmosférica y horno de destilación al vacío. En ninguno de estos equipos existe la instrumentación necesaria para medir los consumo de fuel oil consumido y solo se tienen números indicativos en función de balances térmicos realizados y cálculos ingenieriles de consumos en etapas donde trabaja, solo el área de generación de vapor ó la combinación del trabajo del área de calderas con cada uno de los hornos antes mencionados. El área de generación de vapor trabaja todo el año garantizando el vapor necesario para los procesos de manipulación, almacenaje y distribución de combustibles y en esta actividad según los cálculos del departamento energético se consume el 46 % del consumo total de Fuel Oil utilizado por año, quedando el otro 54 % para los hornos de destilación de crudo. Con respecto a la distribución del consumo de electricidad no existe una estratificación de los consumos por plantas ni por equipos máximos consumidores al no disponer de los instrumentos de medición indispensables para ello.

Para reducir los consumos y costos de los portadores energéticos en la empresa la

prueba de necesidad nos dejó las principales oportunidades, las que se relacionan a continuación:

- Establecer para los trabajadores de los puestos claves un sistema de atención diferenciada, capacitación y motivación a través de mecanismos de interés.
- Perfeccionar el sistema de monitoreo y control energético. Índices de consumo por áreas y puestos claves en función del nivel de producción. Instalación de medidores.
- Desarrollar un programa interno de concientización para todo el personal alrededor del ahorro de energía.
- Establecer y ejecutar un programa de seminarios y cursos de capacitación para el personal directivo y especialistas en eficiencia energética.
- Potenciar la acción del Movimiento del Forum de Ciencia y Técnica en la empresa en función del ahorro de energía y establecer otros mecanismos que incentiven la creatividad e iniciativa de los trabajadores de dicho campo.
- Eliminación de salideros de vapor, agua y combustibles.
- Colocación de flujómetros y metrocontadores.
- Revisar y colocar recubrimiento en las líneas que lo requieran y reparar las que lo tengan averiado.
- Revisar las trampas de vapor que estén averiadas y poner nuevas trampas en los lugares que falten.
- Realizar desplazamientos de actividades para reducir consumo en horario pico y aumentarlo por la madrugada.
- Mejorar la hermeticidad en los locales climatizados.
- Estudio de pérdidas de agua en torre de enfriamiento.

3.3 Elaboración y descripción del diagrama de proceso y subproceso.

A continuación se relacionan los diagramas por etapas del proceso. En el anexo 9 se muestra el catalogo de especificaciones de CUPET.

TRANSPORTACIÓN, DESCARGA Y TRATAMIENTO AL CRUDO

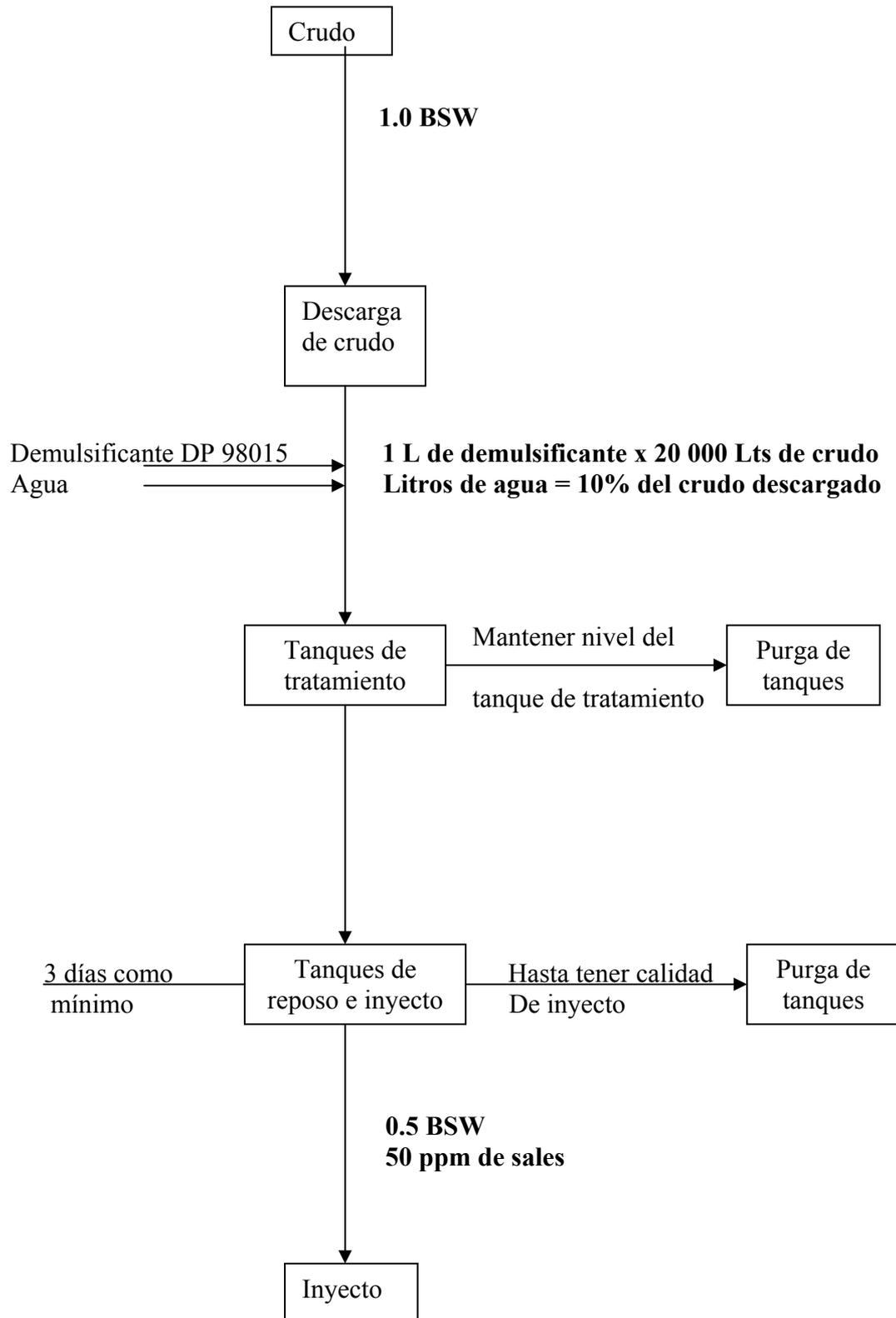


DIAGRAMA DE LA UNIDAD DE DESTILACIÓN ATMOSFÉRICA

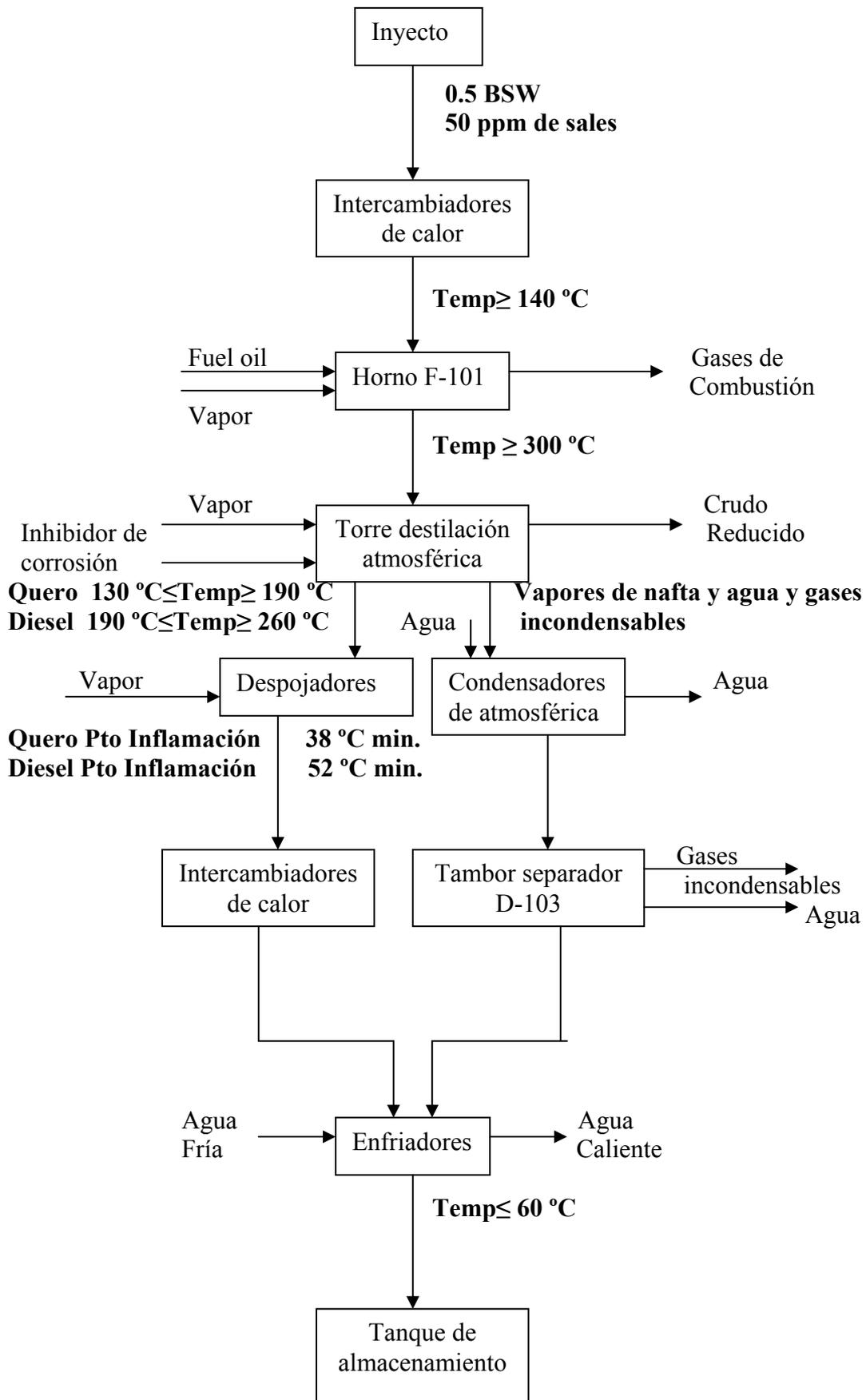
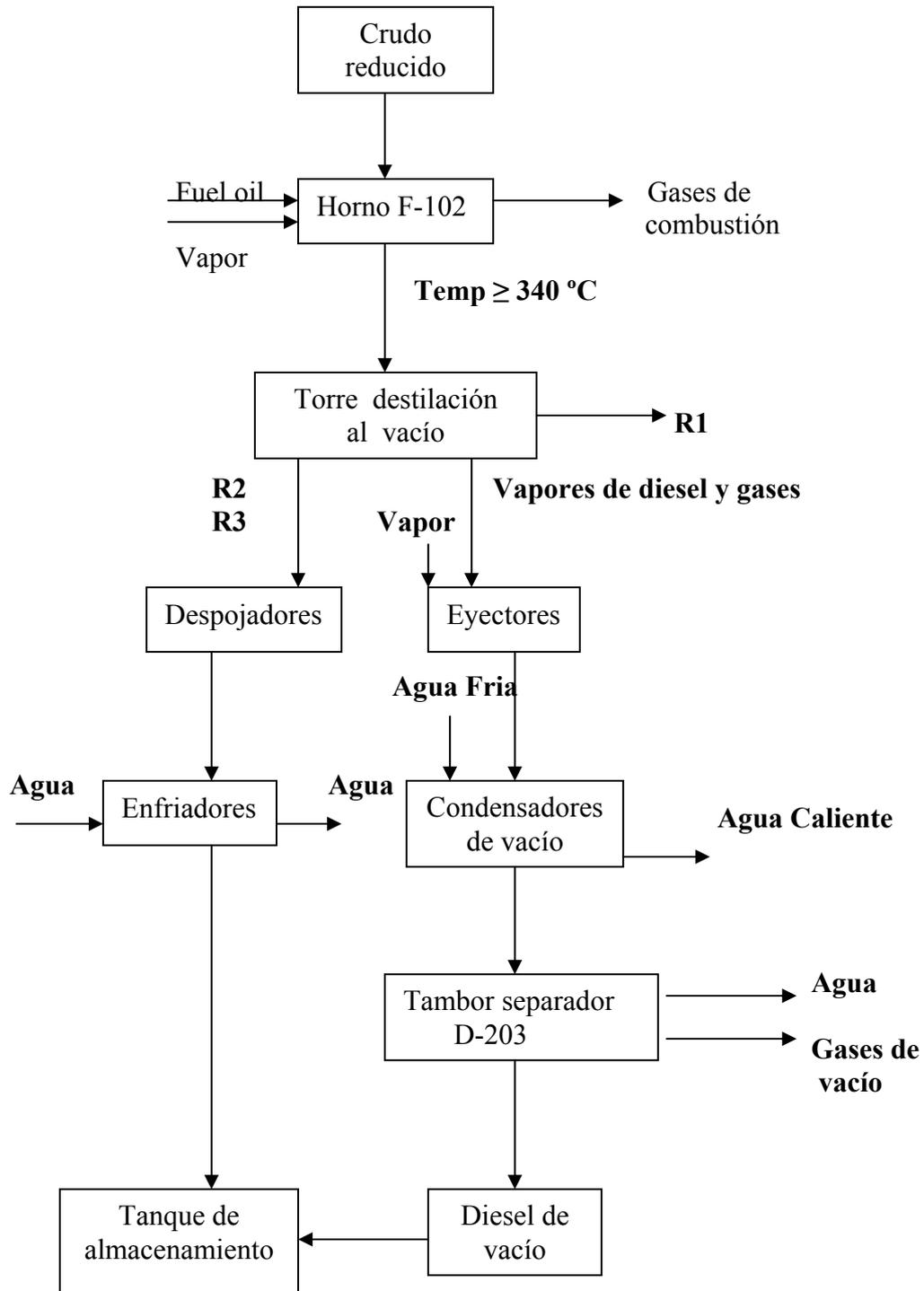


DIAGRAMA DE LA UNIDAD DE DESTILACIÓN AL VACÍO



SISTEMAS AUXILIARES

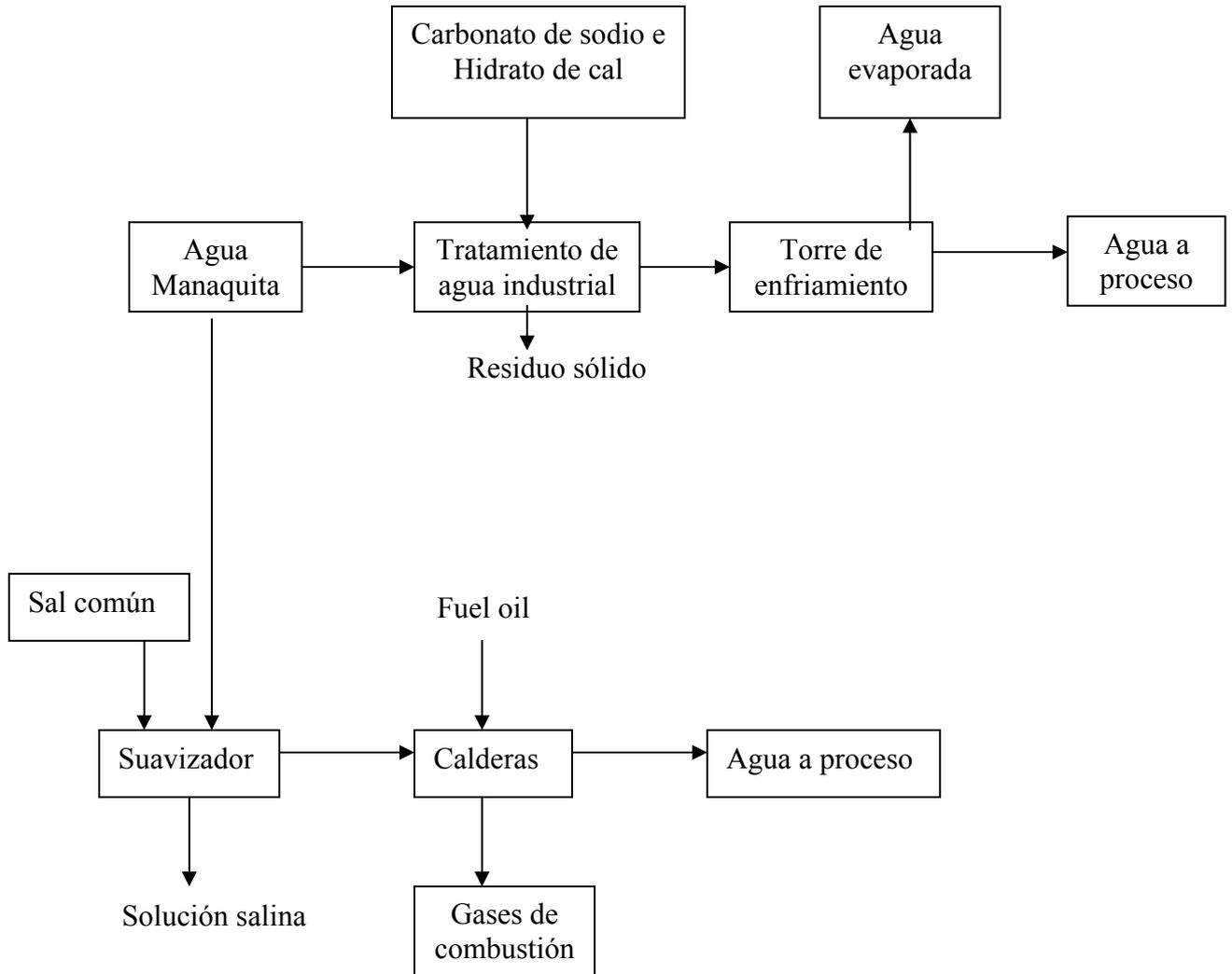


DIAGRAMA DE LA PLANTA DE ACEITES BÁSICOS

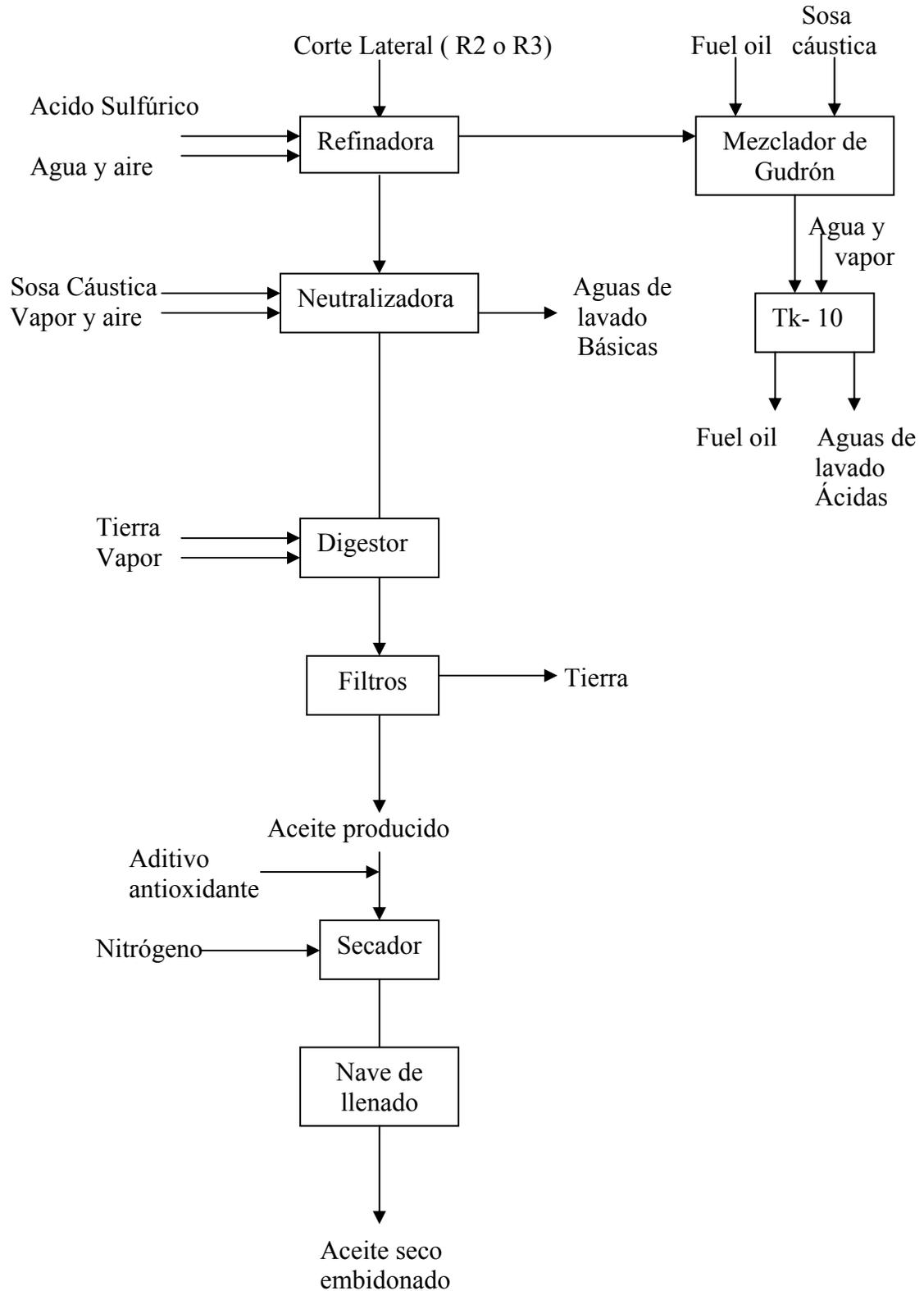
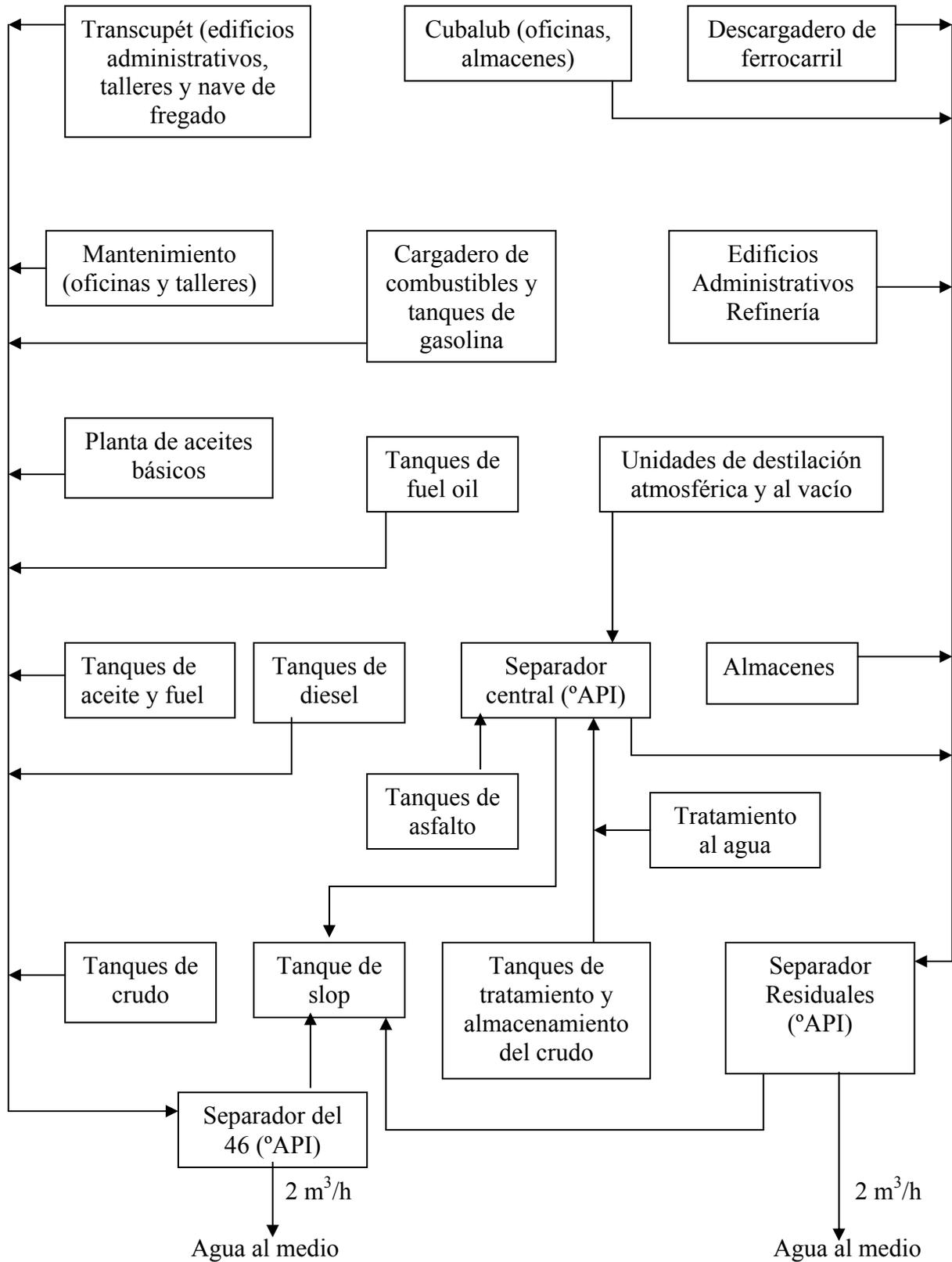


DIAGRAMA DE LOS RESIDUALES LIQUIDOS DEL CAMPAMENTO



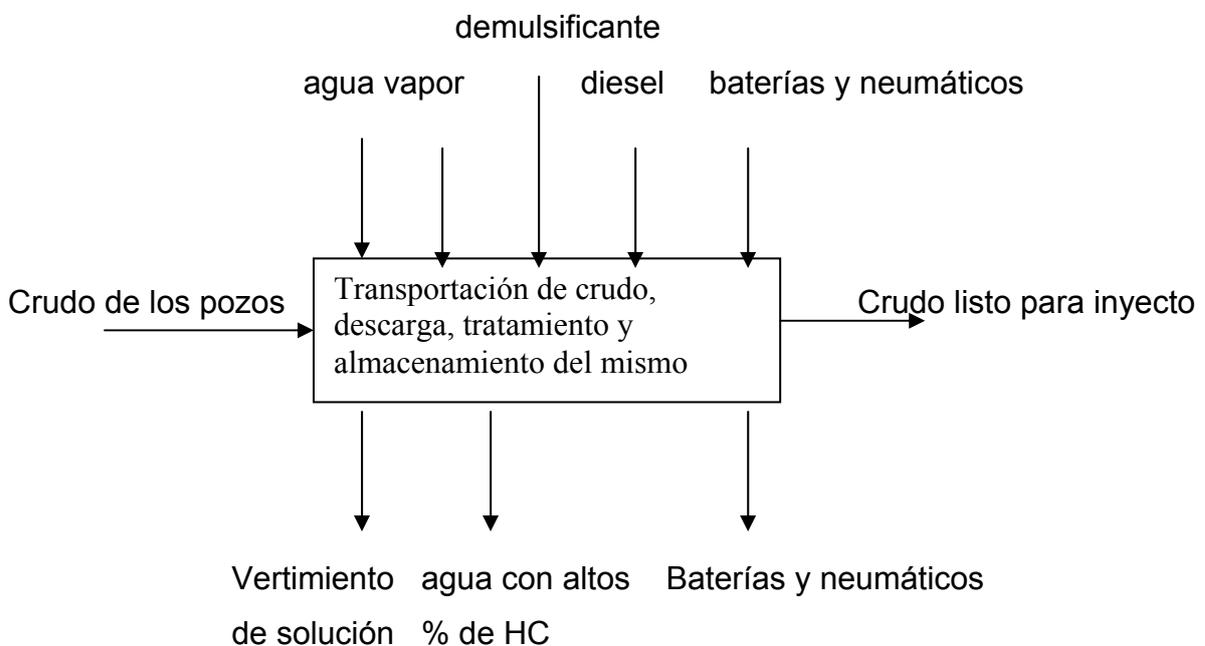
3.4 Selección de los procesos ambientales en función de mejoras en portadores energéticos

El proceso en general se dividió en siete fases, teniendo en cuenta que en la línea principal de producción sea más factible el trabajo y análisis de las mismas. A continuación estas etapas se analizan según lo descrito en el capítulo dos.

Las siete fases son:

1. Tratamiento inicial al crudo (transportación, descarga, tratamiento y almacenamiento).
2. Destilación atmosférica.
3. Destilación al vacío.
4. Planta de aceites básicos.
5. Sistemas auxiliares.
6. Residuales líquidos.
7. Otros.

La primera fase es la transportación de crudo, descarga, tratamiento y almacenamiento del mismo, a continuación expresamos un diagrama de la fase.



Fuente. Bonachea Crespo. M. 2010.

Figura 3.6 Diagrama de la transportación de crudo, descarga, tratamiento y almacenamiento

En esta etapa se analizó el alto volumen de crudo transportado por pailas. El crudo llega a nuestra empresa procedente de dos yacimientos principales, Pina-Majagua y Matanzas, para el caso de Pina-Majagua el recorrido es pequeño y los volúmenes de crudo son, 24 000 t al año, mientras que en el crudo Matanzas es aproximadamente la misma cantidad, el que se refina para la producción de asfalto y solventes reductores de viscosidad, el mismo se transporta a través de pailas de la empresa TransCupét. Esta transportación implica deterioro del parque automotor, altos consumos de combustibles, neumáticos etc, lo que conlleva a un mayor volumen de gases de combustión y a que aumenten los riesgos de derrame por mayor número de operaciones.

La transportación de crudo desde Matanzas se puede sustituir de pailas a ferrocarril, en ambos lugares existen las condiciones técnicas y operacionales para el traslado de este, la Empresa de Ferrocarriles de Cuba cuenta con vagones y locomotoras para el traslado del producto.

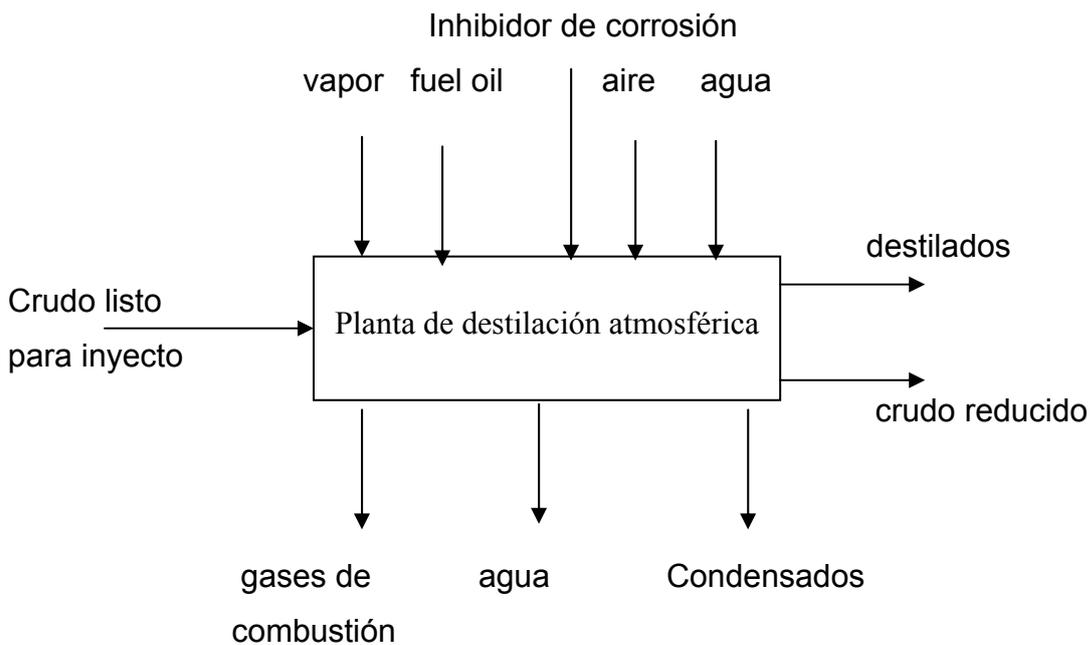
El crudo procedente de Matanzas viene con un alto contenido de sales (alrededor de 300 ppm), cuando la norma refleja que los inyectos a planta deben estar por debajo de 50 ppm, este crudo al descargarse se le adiciona un 2% de agua, más demulsificante para romper la emulsión de agua y lograr que con esta que se marchen las sales; la solución se debe calentar por 15 minutos hasta tener 50°C, el crudo procedente de la base de supertanqueros de Matanzas después de tener el agua y el demulsificante Solquiza 8301 pasa por un tanque de lavado el cual tiene agua hasta un nivel, a una temperatura entre 50 y 60°C, el calentamiento del agua es en forma de vapor directo, el petróleo extraído de la tierra al salir de este tanque de lavado (tk-31) pasa por reboso para los tanques de almacenamiento (tk-24 y 32) en los cuales cumplen con tres días de reposo para que a continuación se le comience a realizar purgas de agua por espacios de tiempo prolongados hasta que por el conducto salga crudo. Esta operación se debe repetir en varias ocasiones y varios días, pero presentamos problemas con la violación de estos procedimientos. Se llega a la planta con un producto fuera de calidad, dígame BSW por encima de 0.5%, sales con valores de más de 200 ppm, las que son provocadas por violaciones en el tiempo calentamiento en la solución de agua y demulsificante, el vapor directo al tanque de tratamiento trae gastos excesivos y un calentamiento no uniforme, así como la realización incorrecta de las purgas de tanques, teniendo en cuenta que la mayoría de los operadores son jóvenes necesitados de mayor capacitación. Por otra parte todas estas violaciones conllevan a tupiciones en los

intercambiadores de calor y hornos que se reflejan con paradas y puestas en marcha de las plantas, lo que hacen que aumentan los consumos de fuel oil, agua y electricidad. Las puestas en marcha y paradas por estas razones provocan aumento de los gases de combustión de los hornos y calderas debido a un mayor consumo de los portadores energéticos.

Estas deficiencias se eliminan adicionando un 10% de agua al crudo en la solución con demulsificante y logrando un calentamiento adecuado de la misma (15 minutos), lo que sucede actualmente es que se mantiene cuatro horas el vapor abierto y se vierte la solución al medio.

En el tanque de tratamiento se debe montar un serpentín para lograr un mejor funcionamiento del mismo con calentamiento más uniforme.

En la segunda fase, como se aprecia a continuación:



Fuente. Bonachea Crespo. M. 2010.

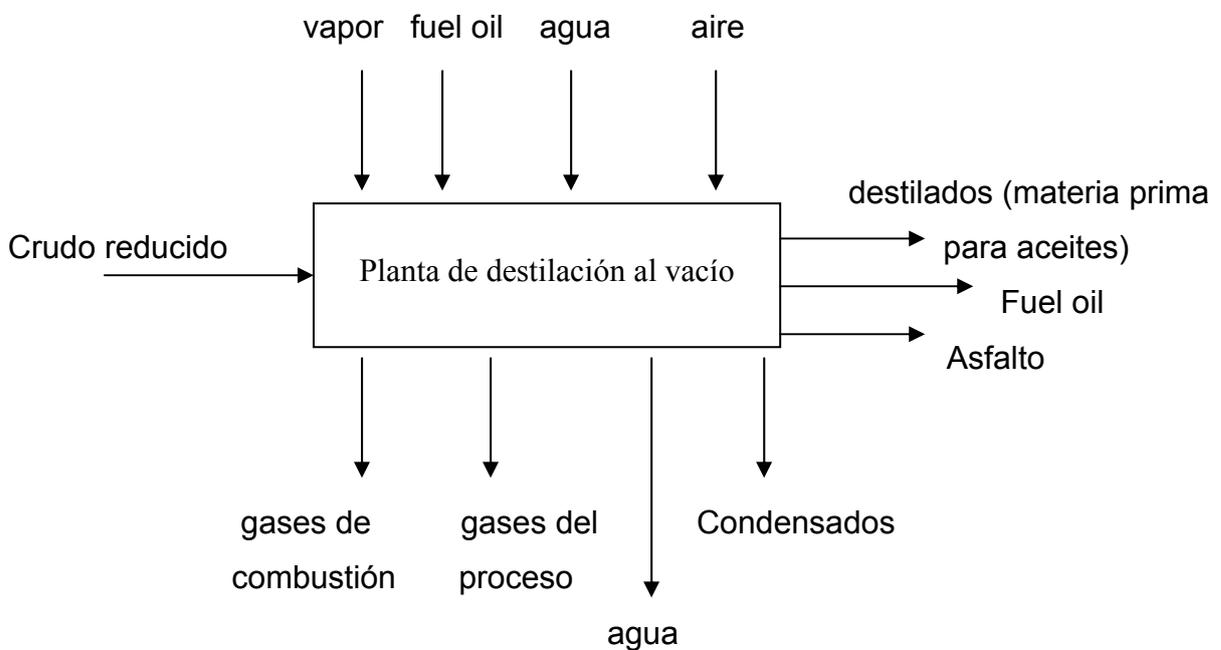
Figura 3.7 Diagrama de la planta de destilación atmosférica

En la planta de destilación atmosférica, se encuentran tres problemas fundamentales que son: el poco aprovechamiento de la capacidad instalada, la combustión del fuel oil en el horno F-101 y las altas temperaturas del diesel para su almacenamiento, lo que trae consigo una mayor contaminación de la atmósfera por los gases de combustión y la evaporación de fracciones ligeras al llegar el diesel a más de 60°C al tanque de almacenamiento. Para lograr esto se debe montar otro intercambiador igual al existente

de diesel como primero en el banco de intercambio u otro enfriador y así aprovechar el calor del mismo en el calentamiento del crudo.

El no operar la unidad de destilación atmosférica a su máxima capacidad trae como consecuencia mayores consumos de fuel oil y electricidad, llevando el inyecto de crudo de 400 t/díexistentes hoy a 600 t/d, lo que mejora los índices de fuel oil y electricidad.

Para la combustión del fuel oil en el horno F-101 lo recomendado es cambiar este combustible por diesel pero como la salida de los gases según mediciones realizadas por el Centro de Investigaciones del Petróleo y como se muestra en el anexo 14 se encuentra dentro de la norma es mejor continuar trabajando con el fuel oil por razones económicas.



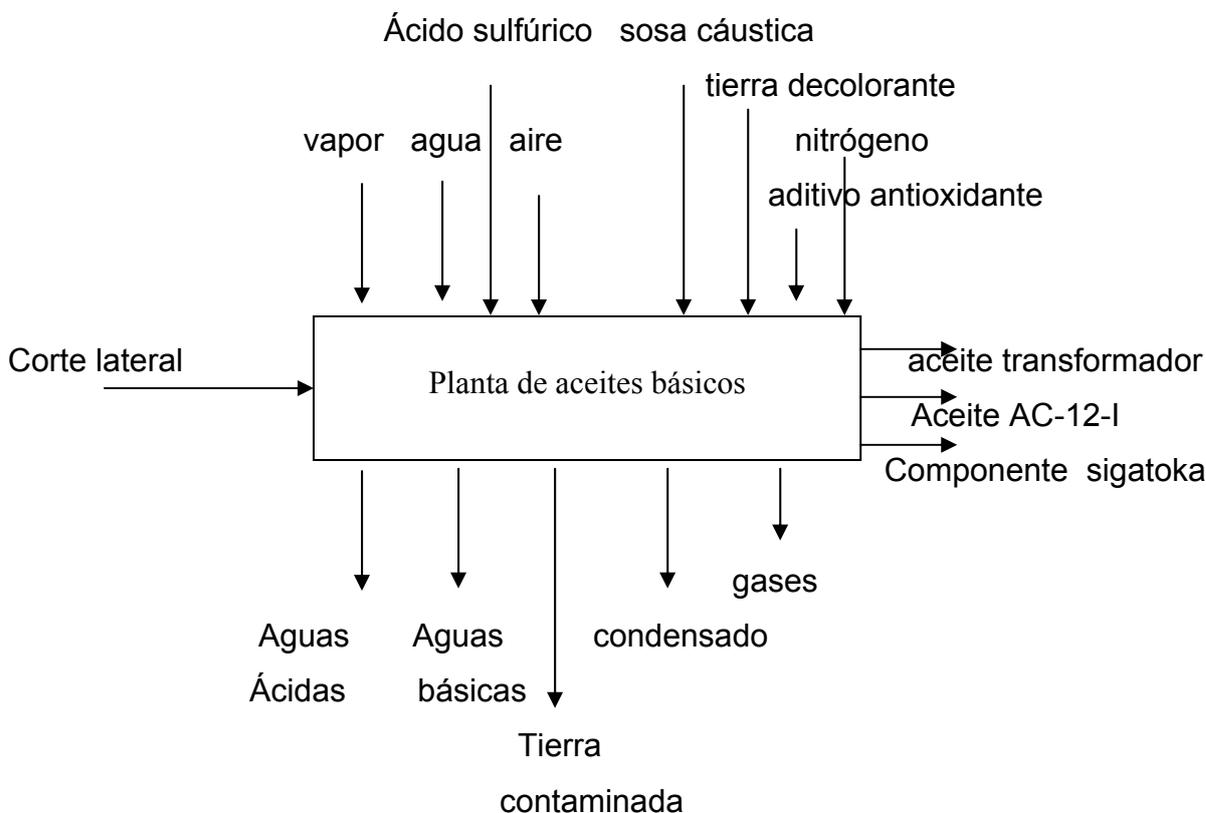
Fuente. Bonachea Crespo. M. 2010.

Figura 3.8 Diagrama de la planta de destilación al vacío

La unidad de destilación al vacío es la tercera fase determinada en el proceso y presenta la combustión del fuel oil en el horno F-102 igual que en destilación atmosférica, pero está dentro del mismo análisis que el F-101; el principal problema de esta fase es la emisión de gases de mal olor, con gran contenido de sulfuro de hidrógeno e hidrocarburos aromáticos que agudizan las afecciones respiratorias de los pobladores del municipio de Cabaiguán y en particular de los más aledaños a la empresa, ver muestreo de gases en el anexo 10 . Para dar solución a esta problemática se estudia la posibilidad de realizar a los gases un lavado con sosa cáustica a través del

montaje de una pequeña instalación que eliminaría el sulfuro de hidrógeno. Los hidrocarburos pasan a través de un tambor con un lecho de agua y un retenedor de llamas, los que serían aprovechados mediante su quema en el horno.

La planta de aceites básicos opera con el corte lateral de la unidad de destilación al vacío para producir aceite para transformadores, aceite AC-12I y el componente Sigatoka.



Fuente. Bonachea Crespo. M. 2010.

Figura 3.9 Diagrama de la planta de aceites básicos

la materia prima para realizar estos productos permanece mucho tiempo en tanques lo que provoca un aumento del color de la misma; para contrarrestar esto se requiere de un mayor consumo de materiales fundamentales, lo que aumenta la salida de los gases contaminantes de mal olor (sulfuro de hidrógeno) a la atmósfera provenientes del mezclador de gudrón, al mismo tiempo el volumen de agua para los lavados en el proceso y por consiguiente el volumen de agua residual, todo esto está causado por la inestabilidad en la entrada de materiales fundamentales en tiempo a la empresa.

Las emisiones gaseosas del mezclador de gudrón mencionadas anteriormente agudizan también a las personas con afecciones respiratorias, por lo que se le dará el mismo trato que a los gases provenientes de la torre de vacío.

Las aguas del proceso son el resultado primero, del lavado del aceite ácido después de ser tratado con ácido sulfúrico y segundo, del lavado del aceite neutralizado con sosa cáustica, obteniéndose dos aguas con PH diferentes, una ácida y otra básica, las que representan un alto volumen (420 m³/año) que no tiene solución su vertimiento hoy.

El aceite en la parte final de su proceso es tratado con tierra decolorante para llevar el color a su parámetro establecido y después esta queda en el proceso de filtrado, que al terminar su proceso contamina los suelos con hidrocarburos.

En la fase nombrada como sistemas auxiliares se encuentra la suciedad del agua procedente de la presa de Manaquita como el primer problema de la misma, esto provoca la reducción de la vida útil de la resina de los suavizadores y mayor acumulación de lodo en el tanque 26, lo que conlleva al vertimiento de las resinas agotadas, contaminando los suelos; el agua recibe un tratamiento para disminuir su dureza y ser utilizada como agua industrial en el proceso de destilación del crudo, dicho tratamiento se realiza con carbonato de sodio y cal hidratada, el residuo de este también es vertido al medio.

La torre de enfriamiento del agua industrial como su nombre lo indica, su función es enfriar el agua para la reutilización de la misma, objetivo que no cumple a toda su cabalidad por presentar un ineficaz funcionamiento, por lo que se pierde un alto volumen de agua por evaporación.

La combustión del fuel oil en las calderas provoca un volumen de gases de combustión a la atmósfera, como se explica en las fases de destilación atmosférica y al vacío, por tanto se le dará el mismo tratamiento que en estas fases ya mencionadas.

La empresa cuenta con cuatro generadores de vapor los que operan indistintamente según la demanda de vapor de los consumidores, la eficiencia de los mismos lleva a ser utilizados unos u otros dependiendo de la operación de las plantas, lo que disminuye el volumen de los gases de combustión, así como los consumos de fuel oil, agua y electricidad.

La deficiente insulación de las tuberías, los numerosos salideros y el mal estado técnico de las trampas de vapor, causan pérdidas de calor que se traducen en mayores

consumos de fuel oil, agua y electricidad. Al mismo tiempo aumentan los gases de combustión y disminuye la vida útil de la resina de los suavizadores.

Los residuales líquidos es otra de las fases analizadas, la falta de mantenimiento y limpieza de las canalizaciones conllevan a un mal funcionamiento de los sistemas de residuales líquidos de la refinería, contaminando los suelos.

La empresa cuenta con tres separadores API para la recuperación de hidrocarburos y el vertimiento de las aguas a sus afluentes dentro de la norma establecida, estos operan ineficientemente, haciendo más corta la vida útil de los filtros y obteniéndose un alto por ciento de hidrocarburos en el agua que se vierte (anexo 11).

La última fase llamada "otros", debido a que no se encuentra dentro de las ya analizadas y a que tienen un gran impacto en el medio ambiente son la recogida de basura en el campamento, la que no se clasifica (papel, vidrio, plástico, etc), que no se aprovecha como material reciclable. La otra es el almacenamiento del tetraetilo de plomo, el que se utilizaba para fabricación de gasolina de alto octanaje, que dada la prohibición del mismo, queda almacenado siendo un producto altamente contaminante y peligroso para la salud humana.

A continuación se expone la tabla 3.8 donde se resumen las principales deficiencias detectadas

Tabla 3.8 Principales deficiencias detectadas

Fase del proceso	Aspecto	Impactos
Transportación, descarga, tratamiento y almacenamiento de crudo	Transportación de altos volúmenes de crudo	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación ambiental por gases de combustión - Derrame de combustibles - Contaminación de los suelos
	Altos contenidos de sales en el crudo de inyectado a planta	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación ambiental por gases de combustión - Aumento de las cenizas y ácidos en el fuel oil
	Tiempo de calentamiento de la solución de agua y demulsificante	<ul style="list-style-type: none"> - Vertimiento de la solución al medio - Aumentan los consumos de agua
	Consumo de vapor directo en tanques de tratamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Contaminación ambiental por gases de combustión - Aumento de los consumos de agua
	Realización incorrecta de la purga de los tanques de reposo	<ul style="list-style-type: none"> - Salideros por las juntas de los intercambiadores

Destilación atmosférica	Poco aprovechamiento de la capacidad instalada	- Contaminación ambiental por gases de combustión
	Combustión del fuel oil en el horno F-101	- Contaminación ambiental por gases de combustión
	Altas temperaturas de los productos para su almacenamiento	- Evaporación de fracciones ligeras al medio
Destilación al vacío	Combustión del fuel oil en el horno F-102	- Contaminación ambiental por gases de combustión
	Emisión de gases del proceso al medio	- Contaminación ambiental por gases de olor penetrante
Planta de aceites básicos	Tiempo de almacenamiento del corte lateral	- Contaminación ambiental por gases de olor penetrante - Aumentan los consumos de agua
	Emisiones gaseosas del mezclador de gudrón	- Contaminación ambiental por gases de olor penetrante
	Almacenamiento de las aguas de proceso	- Aguas contaminantes sin solución definitiva
	Vertimiento de la tierra agotada	- Contaminación de los suelos
Sistemas auxiliares	Combustión del fuel oil en calderas	- Contaminación ambiental por gases de combustión
	Eficiencia de las calderas	- Contaminación ambiental por gases de combustión
	La deficiente insulación de las tuberías, los numerosos salideros y el mal estado técnico de las trampas de vapor	- Contaminación ambiental por gases de combustión
Residuales líquidos	Falta de mantenimiento y limpieza de las canalizaciones	- Contaminación de los suelos
	Mal funcionamiento de los separadores API	- Contaminación ambiental de las aguas
Otros	Recogida de basura en el campamento	- Poco aprovechamiento de material reciclable
	Almacenamiento de tretaetilo de plomo	- Producto altamente contaminante y peligroso para la salud humana

3.5 Propuesta de las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos

Para realizar estos análisis volveremos a tomar el camino de cada una de las fases y sus situaciones problemáticas, a las cuales se propondrán soluciones con su respectivo análisis ambiental, energético y el basamento económico.

Para la primera fase, tratamiento inicial al crudo, la transportación de altos volúmenes de este por pailas significa un problema, el cual se elimina con el traslado de dicho producto por ferrocarril, contando esta empresa con los medios necesarios para ello, al realizar este cambio en la transportación se disminuye la contaminación por emisión de CO₂ en 712 689.76 kg/año y también los riesgos de derrame por un mayor número de operaciones, energéticamente se ahorran 267 125.1 L/año del portador energético diesel, lo que equivale a \$ 186 987.57 al año, teniendo como precio del diesel 0.70 \$/L, el ahorro por cambio de tarifa en dicha transportación es de \$ 5 850 636 al año (ver cálculos en anexo 12), se reducen los gastos en mantenimientos y otros en \$ 30 000.00 año.

En el tratamiento al crudo con agua y demulsificante se le debe adicionar un 10% de agua fresca, lo que equivale a 3 840 m³/año, a razón del 2% que se le adiciona actualmente, por lo que se aumentaría el volumen de agua en un 8% y a la vez disminuyen las averías por los altos contenidos de sales en el flujo de inyecta a planta que, ocasionan como promedio anual una tupición del horno F-101 y una de los intercambiadores de calor. Al lograr que no se produzcan estas averías la planta operará de forma continua sin tener que realizar paradas de emergencia que provocan mayor volumen de gases de combustión, ahorrando así 6 mWh/año del portador electricidad y 10 t/año de fuel oil, lo que equivale a \$ 3 297.40 al año, elimina la emisión de 30 496.43 kg de CO₂ al año. Además el ahorro por el mantenimiento cuando se produce una tupición en el horno F-101 o en uno de los intercambiadores de calor es de \$ 30 000.00 al año para el primero y \$ 15 000.00 al año para el segundo. En este tratamiento hay que incurrir en el gasto del 8% del agua adicionada que es de \$ 460.8 año.

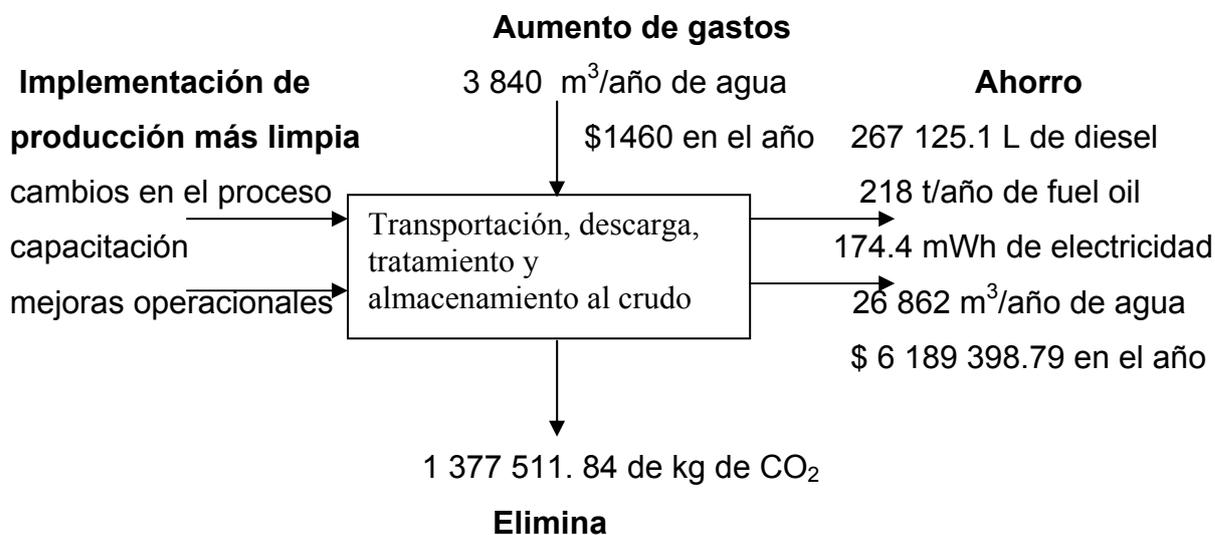
El tiempo de calentamiento de solución de agua y demulsificante debe ser alrededor de 15 minutos para que ella alcance 50°C aproximadamente, cumpliendo con lo normado

se deja de consumir vapor que representa menor volumen de gases de combustión y a la vez el vertimiento de solución al medio, esto trae consigo el ahorro de los portadores energéticos de 33 t/año de fuel oil, 4290 m³ /año de agua y 39.6 MWh/año de electricidad, todo esto equivale a 13 879.16 \$/año y 100 638.2 Kg de CO₂ al año.

El tanque 31 recibe el vapor directo para calentar el agua del lecho de lavado del crudo, esta agua debe estar entre 50 y 60°C, el calentamiento no se logra de manera uniforme por lo que se propone la construcción de un serpentín que equivale a \$ 1 000.00, con el montaje del mismo se disminuye el consumo de vapor y por ende de los gases de combustión, también se ahorran 165 t/año de fuel oil, 22572 m³/año de agua y 118.8 mWh/año de electricidad, lo que equivale a un ahorro de \$ 59 598.66 al año y la carga contaminante en 503 191,02 kg de CO₂.

La realización de purga incorrecta es otra de las problemáticas de esta fase, lo que requiere de un mayor control de los superiores y de una capacitación de los operadores. Con una operación correcta en la purga de los tanques se eliminan salideros por la juntas de los intercambiadores de calor que, como promedio provocan una parada al año, esto conlleva al ahorro de 6 mWh/año de electricidad, 10 t/año de fuel oil y \$ 3 297.40 al año, también se dejan de emitir 30 496.43 kg de CO₂, más el ahorro por reparaciones en los salideros de los intercambiadores de calor que sería de \$ 6 000.00/año, mientras que el gasto para la capacitación sería de \$ 1 000.00.

Para esta fase de tratamiento al crudo, que en general incluye la transportación, descarga, tratamiento y almacenamiento se necesita realizar un gasto de \$ 1460 en el año y el aumento del consumo de agua en 3 840 m³ se obtiene un ahorro en los portadores energéticos en 218 t de fuel oil, 174.4 mWh, 26 862 m³ de agua y 267 125.1 L de diesel en el año, disminución de la carga contaminante en 1 377 511.84 Kg de CO₂, mejoras de los tratamientos y capacitación del personal y, se obtendría un ahorro de \$ 6 189 398.79 en el año.



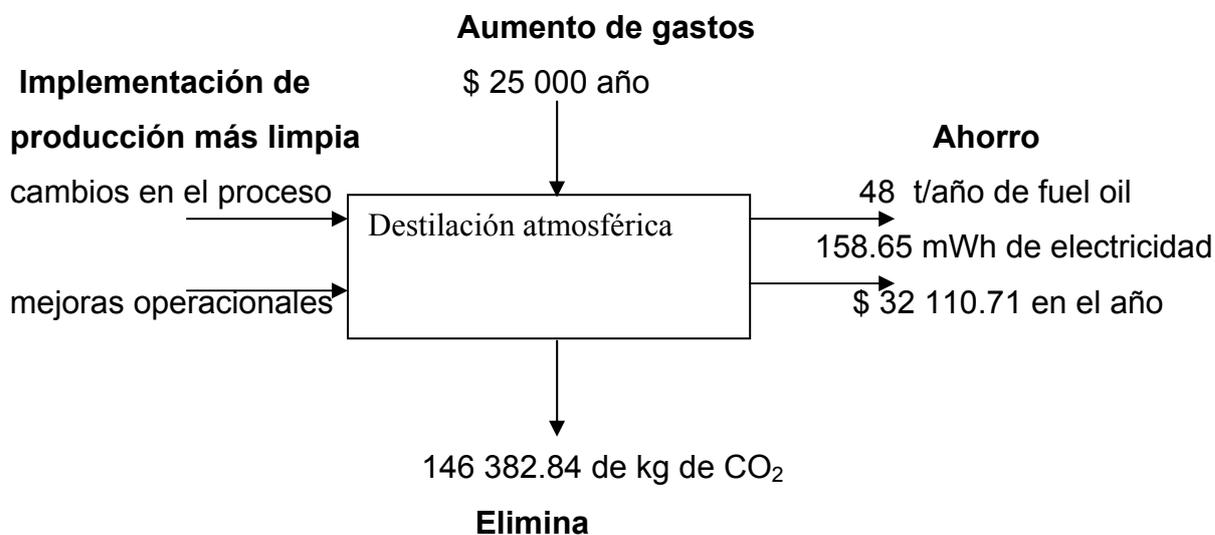
Fuente. Bonachea Crespo. M. 2010.

Figura 3.10 Diagrama de las corrientes de entrada y salida en la fase de transportación, descarga, tratamiento y almacenamiento del crudo.

En la segunda fase, destilación atmosférica, su principal problema es el bajo por ciento de aprovechamiento de la capacidad instalada, se debe aumentar el inyecto de 400 t/día a 600 t/día y reducir todo lo que se produce cuando se está refinando, este aumento del inyecto aporta un ahorro de 3. 3053 mWh/miles de toneladas de crudo refinadas, lo que representa en el año 158.65 mWh y 1 t de fuel oil/miles de toneladas de crudo corrido que para las 48 000 t de crudo planificadas en un año significan 48 t de fuel, además se eliminan 146 382.84 kg/año de CO₂ este ahorro representa \$ 32 110.71 en el año. Este análisis se realiza teniendo en cuenta el estudio de carga de los equipos instalados y su capacidad de operación, para el fuel oil se realizaron balances de masa y energía, en el anexo 13 se observa el mismo para la situación actual.

Las altas temperaturas de almacenamiento del diesel se eliminan con la colocación de otro intercambiador de calor al inicio del banco de intercambio, este se encuentra en la empresa, faltaría realizarle su montaje, (ver cálculos en anexo 14) con un costo de \$ 25 000.00 y así el diesel después de pasar por los enfriadores llegaría al tanque con una temperatura de 45 °C aproximadamente.

Para esta fase hay que realizar un gasto de \$ 25 000.00 y se tendría un ahorro de \$ 32 110.71 por concepto de la disminución de los consumos de fuel oil, 48 t; 158.65 mWh de electricidad y 146 382.84 kg de CO₂; todo esto en un año.

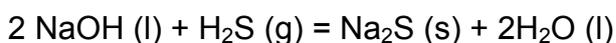


Fuente. Bonachea Crespo. M. 2010.

Figura 3.11 Diagrama de las corrientes de entrada y salida en la fase destilación atmosférica.

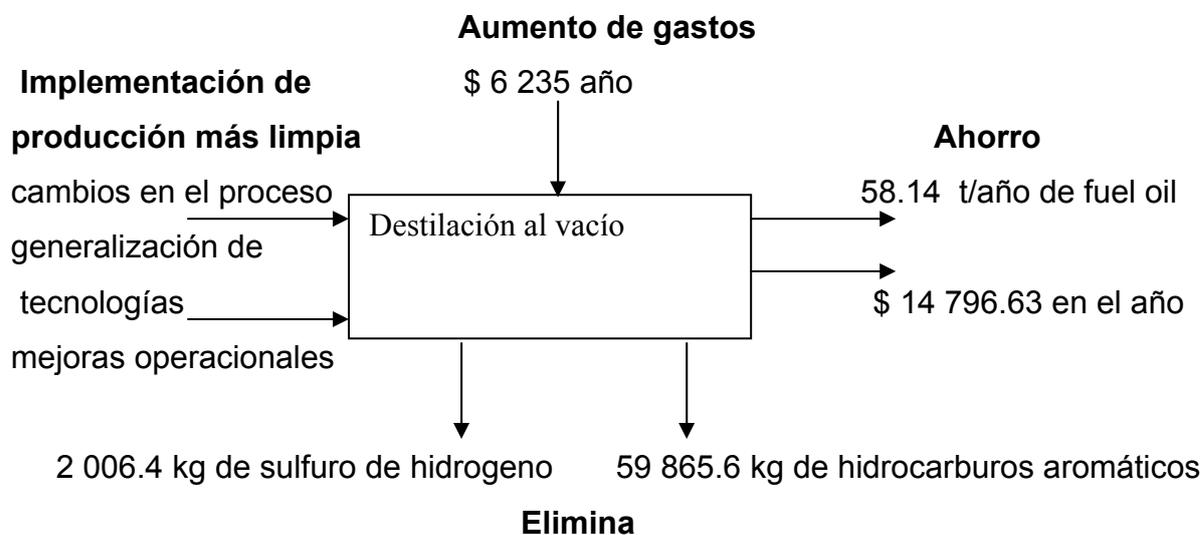
La tercera fase, unidad de destilación al vacío, manifiesta como problema fundamental la emisión de gases de sulfuro de hidrógeno y altos por cientos de hidrocarburos que agudizan las afecciones respiratorias principalmente de personas que viven cerca de la empresa, ver muestreo en el anexo 10.

Para eliminar estas emisiones se propone un tratamiento con sosa cáustica que responde a la siguiente reacción química:



Posterior quemado de los gases en el horno F-101. La instalación necesaria requiere de una inversión de \$ 5 000.00 para su montaje y \$ 1 235.00 por consumo de sosa cáustica en el proceso; al quemar los gases en el horno se ahorran en un año 58.14 toneladas de fuel oil (ver anexo 15, lo que representa \$ 14 796.63 al año, además de la eliminación de 2 006.4 kg de sulfuro de hidrogeno, 59 865.6 kg de hidrocarburos aromáticos en las corridas de un año.

El gasto para esta fase es de \$ 6 235.00 anuales en el tratamiento para eliminar estas emisiones, además de un ahorro de \$ 14 796.63 en el año por la quema de los hidrocarburos presentes en los gases, se ahorran 58.14 t de fuel oil para las corridas de un año y dejan de emitir 2 006.4 kg de sulfuro de hidrogeno, 59 865.6 kg de hidrocarburos aromáticos para igual período de tiempo.



Fuente. Bonachea Crespo. M. 2010.

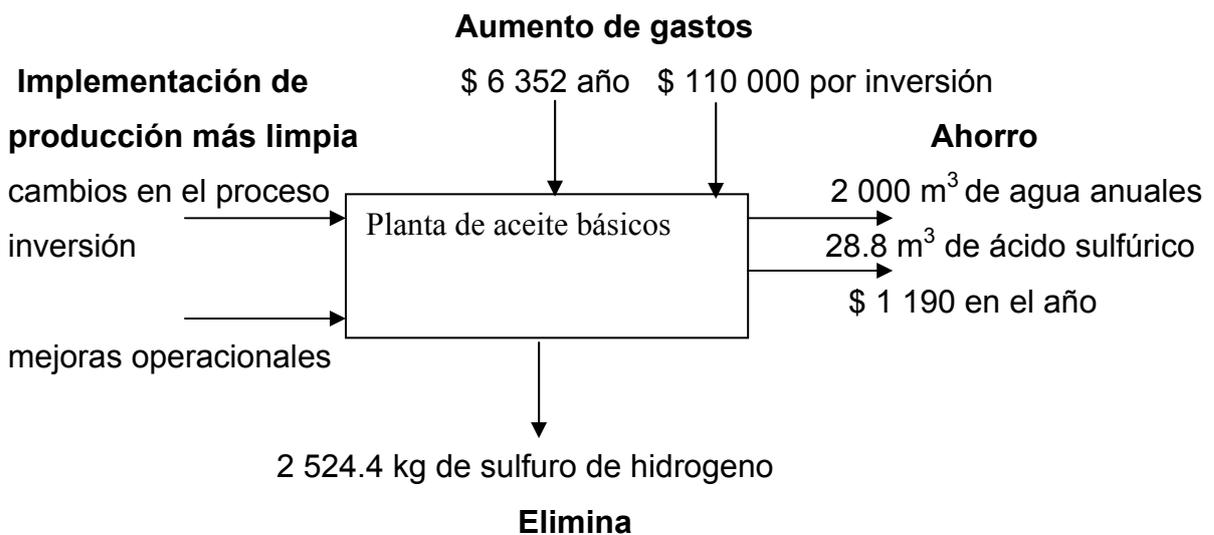
Figura 3.12 Diagrama de las corrientes de entrada y salida en la fase destilación al vacío.

En la cuarta fase, planta de aceites básicos, se encuentra que el corte lateral (materia prima) está mucho tiempo almacenado, se han realizado todas las coordinaciones para que no falten los materiales fundamentales que garantizan la continuidad del proceso, lo que lleva a una reducción de los gases de sulfuro de hidrógeno emitidos en el mezclador de gudrón (ver muestreo en anexo 14) en 2 524.4 kg de sulfuro de hidrogeno en el año, así como el ahorro de 28.8 m³ de ácido sulfúrico que equivalen a \$ 950 anuales.

Las emisiones de gases del mezclador de gudrón mencionadas anteriormente, necesitan el mismo tratamiento que lo expuesto en la fase de unidad de destilación al vacío con un costo de \$ 5 000 y \$ 1 352 en montaje del tratamiento y la sosa cáustica respectivamente.

Se proponen dos etapas para eliminar el almacenamiento de las aguas ácidas y básicas, una, la mezcla de ellas para llevarlas a un PH neutro y su posterior reutilización, lo que nos garantiza un ahorro de 420 m³ de agua y \$ 50.40 que a la vez significa un volumen menos de residual; la segunda comprende el tratamiento de la misma a través de una planta diseñada para ello, con necesidad de una inversión de \$ 100 000, para la recuperación de 1580 m³ de agua en el año lo que equivale a \$189.60.

La tierra decolorante agotada se depositará en el área de biorremediación de manera general, en la fase que se analiza podemos disminuir los gastos anuales en \$ 1190, necesitando una inversión de \$ 110 000 y un gasto de \$ 6 352, además se reduce la contaminación con 2 524.4 kg de sulfuro de hidrogeno en el año, se elimina la utilización 28.8 m³ de ácido sulfúrico, se recuperan 2 000 m³ de agua.



Fuente. Bonachea Crespo. M. 2010.

Figura 3.13 Diagrama de las corrientes de entrada y salida en la fase planta de aceites básicos.

Analizando la fase sistemas auxiliares, tenemos que la suciedad del agua del proceso y el vertimiento del residuo del tratamiento del agua industrial, más la solución salina del tratamiento del agua de las calderas, se pueden solucionar con el montaje de una planta de ósmosis inversa, la que tiene un costo de \$ 30 000.00 lográndose ahorros en la compra de materiales fundamentales de \$ 8 000 año, en salarios para trabajadores se ahorrarían \$ 20 000.00 año, pero se incurre en los gastos de \$180.00 de por utilizar 1 500 m³ de agua y \$ 1 128.60 al año por 9 mWh de electricidad.

El ineficaz funcionamiento de la torre de enfriamiento se resuelve con la sustitución de las tejas de fibrocemento y con una mejor distribución de los flujos de agua a la entrada, ahorrándose \$ 3 600 m³/año de agua que equivalen a \$ 432.

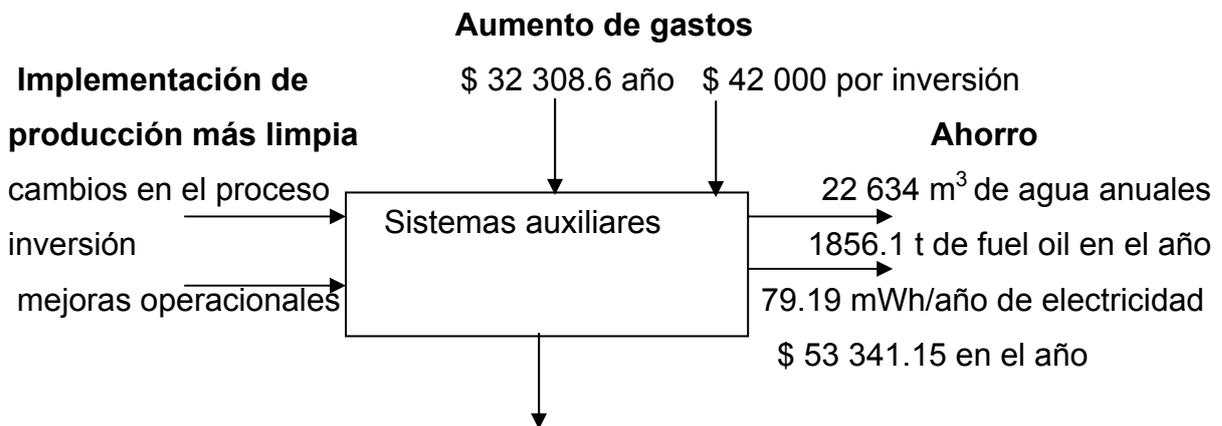
Para ello se requiere de una inversión de \$ 12 000.

La eficiencia de las calderas requiere del uso de un generador u otro según la operación de las plantas, donde se ahorrarían 1 800 toneladas de fuel oil y de agua 13 200 m³

(ver balance en anexo # 16). La puesta en operación del generador adecuado nos da como resultado un ahorro de \$ 459 684.

La deficiente insulación en tuberías, el mal estado técnico de las trampas y los numerosos salideros de vapor, son factores que se resuelven con el trabajo cotidiano de mantenimiento, con un costo de \$ 31 000 esto trae consigo ahorros energéticos de 56.1 toneladas de fuel oil, 79.19 mWh de electricidad, así como de 5 834.33 m³ de agua, lo que representa en un año \$ 24 909.20.

Esta fase en su totalidad requiere un gasto de \$ 32 308.6 año, de una inversión de \$ 42 000 para lograr ahorros de agua de 22 634 m³/año, de 1856.1 t/año de fuel oil, 79.9 mWh/año de electricidad y de \$ 53 341.1.



Solución salina del tratamiento al agua, residuo de hidrato de cal y carbonato de sodio

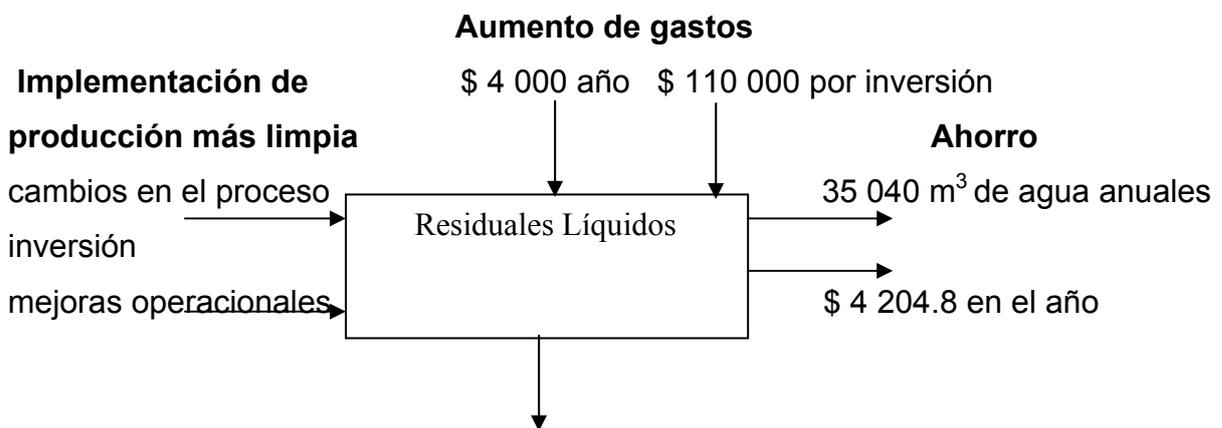
Fuente. Bonachea Crespo. M. 2010.

Figura 3.14 Diagrama de las corrientes de entrada y salida en la fase sistemas auxiliares

La fase que corresponde a residuales líquidos presenta tres situaciones problemáticas fundamentales que son: la falta de mantenimiento, limpieza de las canalizaciones y el vertimiento de agua fuera de la norma. Las dos primeras se erradican con el cumplimiento del plan de mantenimiento programado que está plasmado en el plan de negocios con \$ 4 000 para el año y se eliminaría la contaminación de los suelos aledaños a estas (ver anexo 17), además de la culminación del área de biorremediación para la cual se necesitan \$ 10 000, esto a la vez garantiza que se eliminen de los suelos contaminados 35 520 mg de hidrocarburos saturados por kg de suelo contaminado, 18

980 mg/kg de hidrocarburos aromáticos, 57 140 mg/kg de resina, por ultimo 28 770 mg / kg de suelo . Para contrarrestar la tercera se necesita la adquisición y puesta en marcha de una planta de tratamiento de residuales líquidos que tiene un costo de \$ 110 000 que después de instalada ahorra 35 040 m³ de agua al año, que representa \$ 4 204.8 además de no verter al medio 47.3 kg de hidrocarburos y aunque los demás parámetros están dentro de la norma también se eliminan.

En esta fase se gastarían \$ 4 000 al año en mantenimiento y \$110 000 al año por inversiones teniendo un ahorro de 35 040 m³ de agua en el a año y dejando de emitir 47.3 kg de hidrocarburos en el agua y 140 410 mg de hidrocarburos por kg de suelo en un año, con un ahorro de \$ 4 204.8 en el mismo periodo de tiempo.



140 410 mg de hidrocarburos por kg de suelos y 47.3 kg de hidrocarburos en el agua todo esto en un año

Elimina

Fuente. Bonachea Crespo. M. 2010.

Figura 3.15 Diagrama de las corrientes de entrada y salida en la fase de residuales líquidos.

En la última fase que se analiza, “otros”, se encuentran la recogida de basura del campamento que, para su clasificación se necesitan invertir \$ 6 000 en la compra de cestos; por parte de la venta a materia prima del material reciclable, llámese papel 2 t/año, acero 600 t/año, lata 200 t/año y bronce 320 t/año se obtienen \$ 60 230 anuales.

El almacenamiento de tetraetilo de plomo almacenado 6 toneladas que hasta el momento es un pasivo ambiental sin solución se encuentra almacenado en contenedores.

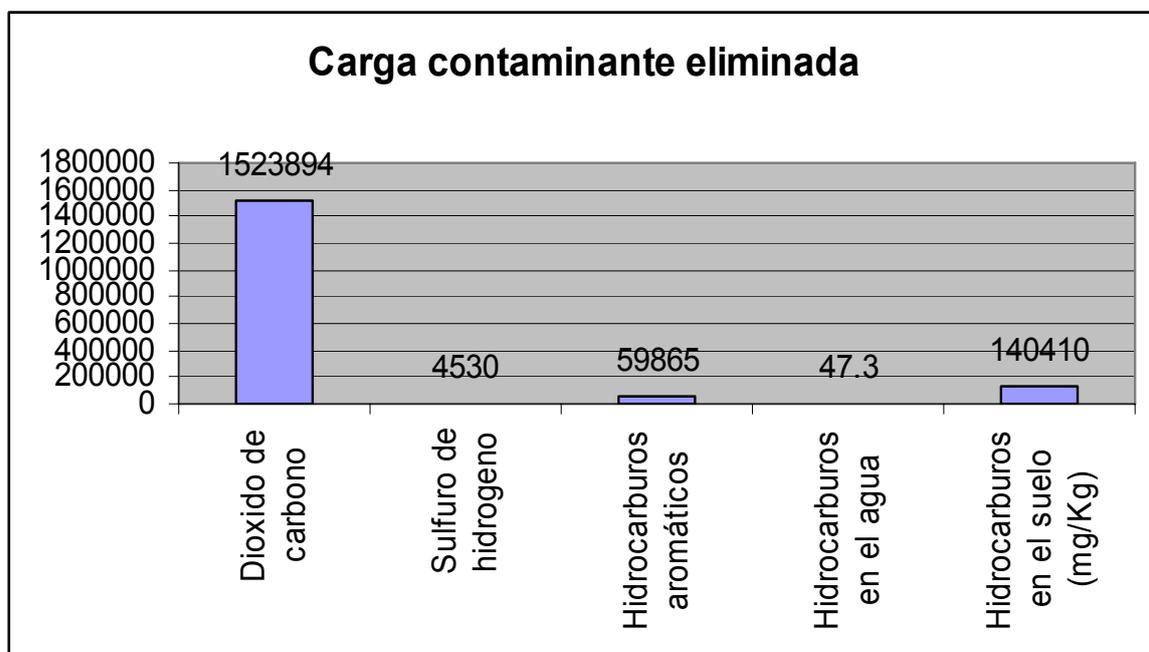
Con las aplicaciones de las técnicas de producción mas limpias se eliminan del medio ambiente 1 523 894.68 kg de CO₂, 4 530.8 kg de sulfuro de hidrogeno, 59 865.6 kg de hidrocarburos aromáticos, 47.3 kg de hidrocarburos en el agua y 140 410 mg de hidrocarburos por cada kg de suelo.

Si se analizan los portadores energéticos al concluir el estudio de todas las fases, se necesitan aumentar consumos en 5 340 m³ de agua 9 mWh de electricidad y podría apreciar un ahorro de 267 125.1 litros de diesel, 412.24 mWh de electricidad, 2 180.24 toneladas de fuel oil y 86 536 m³ de agua.

Se ahorran también 28.8 m³ de ácido sulfúrico.

En general, la refinería Sergio Soto necesita gastar \$ 76 664.2 en reparaciones, mantenimientos, materiales fundamentales o portadores energéticos, además de tener que realizar inversiones en el orden de los \$ 262 000. Teniendo en cuenta todo lo propuesto en este trabajo se puede lograr un ahorro de \$ 6 355 272.08. Del presupuesto ahorrado se puede tomar el monto necesario para las inversiones y reparaciones capitales, restando todavía una diferencia de \$ 6 278 607.88.

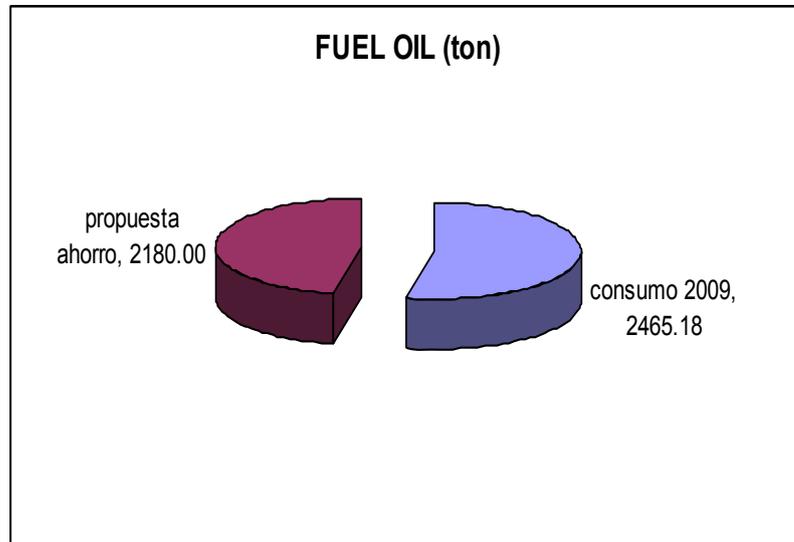
En la figura 3.16 se representan las cargas contaminantes eliminadas con las propuestas realizadas en este trabajo.



Fuente: Bonachea Crespo M. 2010

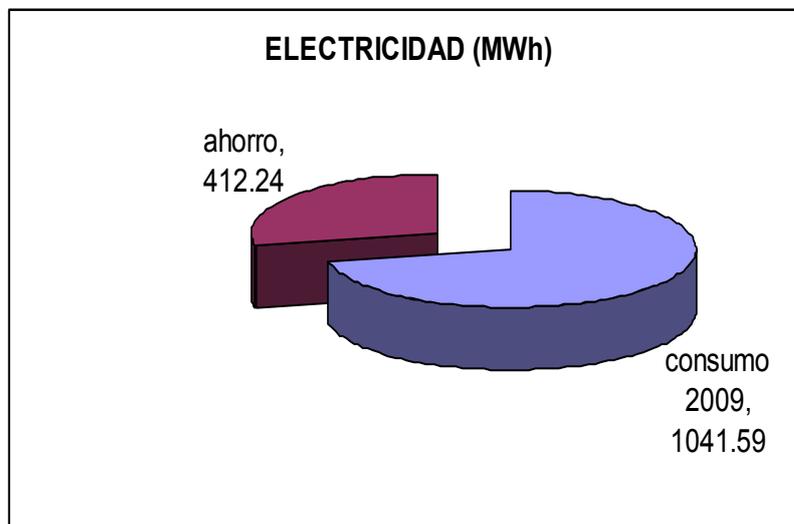
Figura 3.16 Carga contaminante eliminada

A continuación exponemos las figuras 3.17, 3.18, 3.19, 3.20 con los análisis de los consumos de los portadores energéticos en 2009 y las propuestas de ahorro.



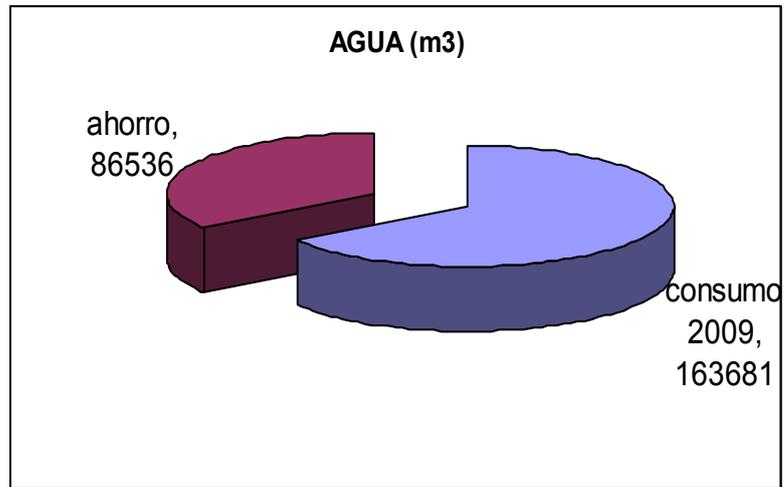
Fuente: Departamento de tecnología 2009

Figura 3.17 Propuesta de ahorro y consumo de fuel oil 2009



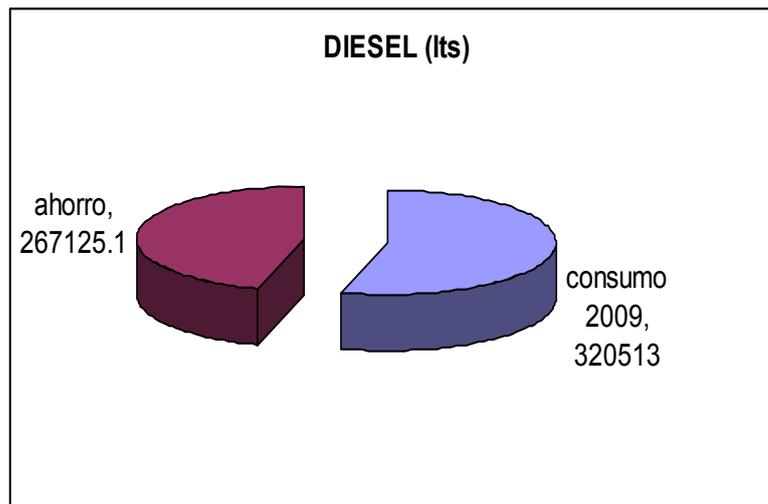
Fuente: Departamento de tecnología 2009

Figura 3.18 Propuesta de ahorro y consumo de electricidad 2009



Fuente: Departamento de tecnología 2009

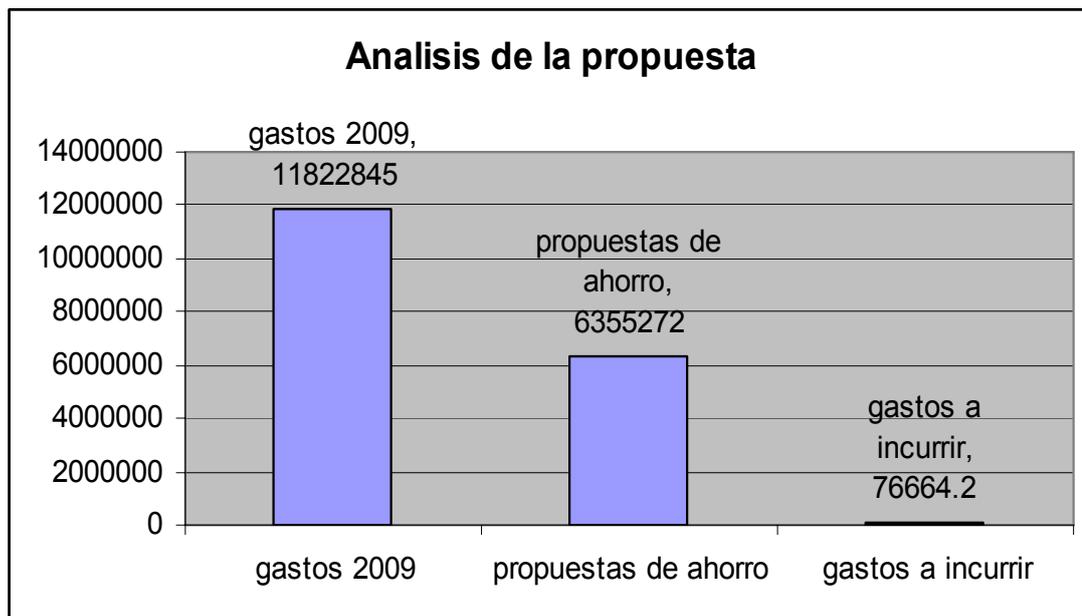
Figura 3.19 Propuesta de ahorro y consumo de agua 2009



Fuente: Departamento de tecnología 2009

Figura 3.20 Propuesta de ahorro y consumo de diesel 2009

La figura 3.21 muestra en su primera columna los gastos reales de la empresa en el año 2009, en la segunda la propuesta de ahorro derivada de la aplicación de este trabajo y los gastos a incurrir para lograr la propuesta.



Fuente: Bonachea Crespo M. 2010

Figura 3.21 Análisis de gastos de las propuestas analizadas

3.6 Análisis de indicadores económicos.

El cálculo de indicadores reflejan en el trabajo otra alternativa de consulta y apoyo a la hora de la toma de decisiones y de la definición de acciones.

Para el estudio se introducen los datos en un programa diseñado en Excel para el cálculo de los indicadores económicos VAN, TIR y PRI.

A continuación se expone la hoja de cálculo para el montaje de una planta de ósmosis inversa, las demás se muestran en el anexo 18:

Forma Electrónica para Evaluación Económica de Medidas de Ahorro

Datos de Entrada		Año	Tasa Mensual de Descuento	Flujo de dinero	VPN
Medida:	1	0		-31092	(31,092.00)
Descripción:	Montaje de una planta de osmosis inversa	1		29000	29000
Inversión:	\$ 31,092.00	2		29000	29000
Ahorro Anual:	\$ 29,000.00	3		29000	29000
Tasa de Rentabilidad:	45% anual	4		29000	29000
No. de Períodos:	10 años	5		29000	29000
		6		29000	29000
		7		29000	29000
		8		29000	29000
		9		29000	29000
		10		29000	29000

Resultados

Valor Presente Neto	\$31,783.87
Tasa Interna de Rendimiento	93.14% anual
Relación Beneficio-Costo	\$2.02
Período de Recuperación de Inversión	1.77 años

Analizando los resultados de cada una de las inversiones propuestas según lo descrito en el capítulo 2 el cálculo de los indicadores económicos (VAN, TIR y PRI) constituyen un eslabón importante para la propuesta de acciones.

3.7 Acciones para aplicar las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos

Las acciones propuestas para aplicar las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos se reflejan en las siguientes tablas.

Tabla 3.9 Acciones para aplicar las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos con solo realizar una coordinación, dar una orden o hacer cumplir un procedimiento establecido.

Acciones	Fecha de ejecución	Recursos	Responsable
Cambiar la transportación del crudo de pailas a ferrocarril.	nov/10	R. Humanos	Dto. Operaciones
Mantener en operación la caldera más eficiente y menos consumidora cumpliendo siempre con la demanda de vapor.	nov/10	R.Humanos	Dto. Producción
Aprovechamiento al máximo de la capacidad instalada en las plantas de destilación.	dic/10	R.Humanos	Dto. Producción
Cumplir con el tiempo de calentamiento establecido para la solución de agua y demulsificante.	nov/10	R. Humanos	Dto. Operaciones
Realizar las purgas correctamente a los tanques de crudo.	nov/10	R. Humanos	Dto. Operaciones
Lograr que el tiempo de almacenamiento del corte lateral sea el mínimo.	dic/10	R.Humanos	Dto. Producción Dto. Compras

Fuente: Bonachea Crespo. M.2010

Tabla 3.10 Acciones para aplicar las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos donde se necesita ejecutar trabajos de mantenimiento que llevan un nivel de recursos y que con la ejecución de los mismos se obtendrán ahorros significantes.

Acciones	Fecha de ejecución	Recursos	Responsable
Montar un serpentín en el Tk-31 para el calentamiento del crudo	dic/10	Los materiales necesarios se encuentran en la empresa	Dto. Operaciones y Mtto
Culminar con el tratamiento al crudo existente y la separación definitiva de los petróleos combustibles que llegan a la empresa como materia prima.	feb/11	Los materiales necesarios se encuentran en la empresa	Dto. Producción, Operaciones y Mtto
Montar un intercambiador de calor para disminuir la temperatura de almacenamiento del diesel	feb/11	Los materiales necesarios se encuentran en la empresa	Dto. Producción y Mtto
Acometer los trabajos de insulación de tubería, salideros de vapor y reparación de las trampas de vapor.	mar/11	Los materiales necesarios se encuentran en la empresa	Dto. Operaciones, Producción y Mtto
Realizar el montaje del sistema de tratamiento de los gases vacío.	nov/10	Los materiales necesarios se encuentran en la empresa	Dto. Producción y Mtto

Fuente: Bonachea Crespo. M.2010

Tabla 3.11 Acciones para aplicar las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos donde se necesita ejecutar trabajos de mantenimiento que no tienen un aporte económico pero si la eliminación de la contaminación a la atmósfera.

Acciones	Fecha de ejecución	Recursos	Responsable
Montar tratamiento con sosa cáustica para los gases del tratamiento del gudrón.	jun/11	Los materiales necesarios se encuentran en la empresa	Dto. Producción y Mtto

Fuente: Bonachea Crespo. M.2010

Tabla 3.12 Acciones para aplicar las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos donde hay que ejecutar inversiones con indicadores positivos.

Acciones	Fecha de ejecución	Recursos	Responsable
Recogida de desechos sólidos en la refinería.	dic/10	Presupuesto aprobado para la compra de cestos	Dto. Técnico y de Compras
Montaje de una planta de ósmosis inversa.	Dic/11	Aprobación de la inversión por Cupét	Dto Técnico y Esp. Grupo de Inversiones

Fuente: Bonachea Crespo. M.2010

Tabla 3.13 Acciones para aplicar las mejoras ambientales en función de disminuir los consumos de los portadores energéticos donde hay que invertir en las propuestas aunque no tengan indicadores económicos positivos.

Acciones	Fecha de ejecución	Recursos	Responsable
Tratamiento a las aguas residuales de planta de aceites básicos.	jun/12	Necesidad de financiamiento por Cupét	Dto Técnico y Esp. Grupo de Inversiones
Planta de tratamiento de residuales líquidos.	Dic/11	Aprobación de la inversión por Cupét	Dto Técnico y Esp. Grupo de Inversiones
Elevar la eficiencia de la torre de enfriamiento	Jul/11	Aprobación de reparación capital	Dto Técnico y Esp. Grupo de Inversiones
Creación de un área de biorremediación	Dic/10	Aprobación de la inversión por Cupét	Dto Técnico y Esp. Grupo de Inversiones

Fuente: Bonachea Crespo. M.2010

3.8 Conclusiones parciales

1. La prueba de necesidad y las entrevistas constituyen un punto de partida para la implementación de técnicas de producciones más limpia con mejoras en los portadores energéticos.
2. Se identifican cada fase del proceso y las etapas de implementación de técnica de producciones más limpia con mejoras en los portadores energéticos.

3. Con la implementación de técnicas de producción mas limpia se reduce la carga contaminante al medio en 1523894.68 kg de dióxido de carbono, 4530.8 kg de sulfuro de hidrógeno, 59865.6 kg de hidrocarburos aromáticos, 47.3 kg de hidrocarburos en el agua y 140410 mg de hidrocarburos por kg de suelo contaminado.
4. Se disminuyen los consumos de los portadores energéticos en 2180.24 t de fuel oil, 86536 m³ de agua, 412.24 mWh de electricidad y 267125.1 L de diesel en un año.
5. Con la aplicación de las propuestas se reducen los costos de la empresa en \$ 6 355 272.08 anuales.
6. Cumplir con el plan de acción propuesta en este trabajo

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de técnicas de producción más limpia en la Refinería Sergio Soto a partir de mejoras en los portadores energéticos se logra un mejor desempeño de la gestión ambiental y energética de la misma.
2. Con el análisis de los impactos en cada uno de los procesos se disminuye la contaminación ambiental y los costos de los portadores energéticos.
3. A partir de las mejoras en los portadores energéticos y el mejor desempeño de la gestión ambiental, se logra con una inversión de \$ 262 000 disminuir el gasto de la Refinería Sergio Soto en \$ 6 355 272.08.
4. Las acciones propuestas para lograr un mejor desempeño de la contaminación ambiental con disminución de los consumos en los portadores energéticos se logra con realizar coordinaciones, hacer cumplir procedimientos establecidos, ejecutar trabajos de mantenimiento e inversiones.

RECOMENDACIONES

1. Aplicar las técnicas de producción más limpia en los impactos identificados en cada proceso para lograr las mejoras en los portadores energéticos que contribuyen con un mejor desempeño ambiental.
2. Realizar la inversión de \$ 262000 necesario para cumplimentar lo descrito en este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

1. Arellano, D.M. Contribución de la Ingeniería al manejo integrado y sostenible de ecosistemas frágiles. Caso de Estudio: Ecosistema Sabana Camaguey, Cuba.

- Ponencia Encuentro Iberoamericano de Mujeres Arquitectas e Ingenieras , Costa Rica, 12- 16 Febrero 2002 (En CD Memorias del Evento)
2. Bahy Noureldin. M and EL-Halwagi. M. Pollution prevention targets through integrated desing and operation. Computer and Chemical Engineering. 2000.
 3. Barnett F. Dobge. Chemical Engineering Thermodynamics. Edición Revolucionaria. Editorial Blume, 1985.
 4. Bédard. S and Sorin. M. Application of process integration in water reuses projects, 2001.
 5. Bennett and Franklin, Stadistical análisis in chemistry and the chemical industry, New York Wiles and Sons,1984.
 6. Borroto Nordelo, Aníbal E. y Colectivo de Autores Centro de estudios de Energía medio Ambiente Universidad de Cienfuegos, ISBN 959-257-040 X Editorial Universidad de Cienfuegos, Gestión Energética Empresarial 2002.
 7. Carrol. C. Grady. Manual de servicio de instrumentación industrial. Tomo 1. Instituto cubano del libro. La Habana, 1973.
 8. Castillo, L. Manual de Buenas Prácticas para la Conservación del Medio Ambiente en instituciones turísticas ubicadas en ecosistemas costeros, 2004.
 9. Colectivo de autores. Annual book of ASTM Standards, part 17 American Society for Testing and Materials. Philadelphia, 1916.
 10. Colectivo de autores. Anuario estadístico de Cuba Oficina Nacional de Estadística, 2009.
 11. Colectivo de autores. Gestión Energética Empresarial TGTEE, Sensibilización a directivos, Presentación de Microsoft PowerPoint.2003.
 12. Colectivo de autores. Practica de producciones más limpias.2003.
 13. Colectivo de autores. Protección ambiental y producciones más limpia parte 1 y 2. 2006.
 14. Campos Abella. Juan Carlos. Conferencia de Actualización Tecnologías de administración Energética Empresarial, Universidad de Cienfuegos centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, 1998.
 15. Diagnostico de la Empresa, Material de estudio del PCC Marzo-Abril del 2006.
 16. Documentos sobre el balance económico, 2009.
 17. Dunn. R, Bush. G. E. Using process integration technology for cleaner production. Journal of cleaner production. Vol 8, p. 1-23. 2000.

18. Colectivo de autores. Eficiencia Energética y competitividad empresarial Centro de estudios de Energía medio Ambiente Universidad de Cienfuegos, 2003.
19. EL-Halwagi.M. M, Sheley, M. Mass integration for the optimal desing of optimal recovery and allocation of infinite pollutants, 2000.
20. Emirdshanov. R. T. Ejemplos y problemas para la tecnología de refinación del petróleo y el gas. Editorial Mir. Moscú, 1965.
21. Enciclopedia of Chemical Technology, Vol 10. 1980.
22. Erij. V. Rasina M. Química y tecnología del petróleo y del gas. Editorial Mir Moscú, 1985.
23. Feng. Z. Combining pinch and exergy analysis for process modifications.1997.
24. Folleto del plan de mantenimiento. 2003.
25. García Díaz. Rafael. Diccionario Técnico Inglés-Español. Edición Revolucionaria, 1986.
26. Garrison. G. W, EL-Hawalgi. M. M. A Global Approach to Integrating Enviromental, Energy, Economic and Technological Objectives. American CHemical Society. Spring Meeting Session. 2000.
27. Gil Benito. Florencia. Fuel oil. Almacenamiento, combustión y contaminación atmosférica, 1986.
28. Hepple. P. Pollution Prevention. Editorial Harrison&Sons Londres, 1999.
29. Grossman.I. E, Heleman. K. P and Swaney. R. E. Composition and CHemical Engineering. Vol 7. N°4, 1983.
30. Historia del Centro: Empresa Refinadora de Petróleo de Cabaiguán, 2010.
31. Informe sobre el estudio de los impactos ambientales producidos por la Refinería Sergio Soto de Cabaiguán. Tema-124, República de Cuba. Ministerio de la Industria Básica, E. de Geología Santa Clara, 2009.
32. Jenkes. L. C. Developing and estimating a manufacturing cost estimate. Chemical Engineering. January 1971.
33. J. Kenneth Salisgury. Kent's Mechanical Engineers Hand Book in two volumens, power volume. Edition New York. John Wiley Sons. Inc London Syoney, 1976.
34. Keenan. J. H. Steam Tables. Thermodynamic Properties of Water. February 1978.

35. Kern. D. Q. Proceso de transferencia de calor. Ciudad Habana. Editorial Pueblo y Educación, 1979.
36. Kobe Kenneth. A. Advances in Petroleum Chemistry and Refining. Vol 18, 1975.
37. Kiperstok. A and Sharrah. P. N. Optimization of pollution control operation in industrial sites considering decay capabilities of the receptors. Compute Chemical Engineering. Vol 21, 1997.
38. Kirillin. V. A. Termodinámica. Editora MIR, 1976.
39. Kisselev. B. Tecnología y tratamiento del petróleo y el gas. Edit Boumerdes, 1973.
40. Lester Charles Uron, Petroleum production engineering, 1986.
41. Linnhoff. B. Pinch technology for the synthesis of optimal heat and power systems. Resources technology. Vol III. September, 1989.
42. Linnhoff. B. User guide on process integration for efficient use of energy. Inst. CHem. Eng. London, 1982.
43. Lluch Urpí. José. Tecnología y margen del refino, 2008.
44. Maxwell J. D. Date Book on hidrocarbons, D.Van Nostrand-Company. Inc Toronto. New Cork, 1982.
45. Núñez Hechevarría, S. Sistema de Gestión Ambiental de la Empresa Textil Hilatex. Introducción de Prácticas de Producción Más Limpia. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Químico. Habana, Julio, 2002.
46. Noureldin. M. B. and EL-Halwagi. M. M. Pollution prevention targets through integrated design and operation. Computers and Chemical Engineering, 24. pp 1445-1453, 2000.
47. Ocon J. Elementos de ingeniería química. Editorial Pueblo y Educación, 1998.
48. Ostle. B. Estadística aplicada. Editorial Científico Técnica, 1980
49. Pavlov K. F. Problemas y ejemplos para el curso de operaciones básicas y aparatos en tecnología química. Editorial MIR Moscú, 1981.
50. PDVSA, 2008.
51. Perry. H. Robert. "Chemical Engineers Handbook". 5^{TA} edición, 1986.
52. Peter. M. S. Plant design and economics for chemical engineers, 1968.
53. Petroleum technology quarterly, Heating the process and fluid flow, Autumn, 1996.

54. Pons Hernández. Antonio. Termodinámica térmica para ingenieros químicos. Edit. Pueblo y Educación, 1987.
55. Producción Más Limpia. Un paquete de recursos de capacitación. Primera edición en español, PNUMA – ORLAC, Unidad de Capacitación Ambiental, México, Febrero, 1999
56. Acta de Encuentro Preparatorio de la Cumbre Interamericana de Ministros para la Producción Más Limpia, Santiago de Chile, Nov, 2001.
57. Profesor Dr. Borroto Nordelo, Aníbal E. Dr. Padrón, Arturo, Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, Presentación de Microsoft Power Point, 2004.
58. Puigjaner. L. Process integration with combined heat and power (CHP) universitat polytecchnic de Catalunya. Chemical Engineering Departament, 1997.
59. Rasing Eric, M. Ridin. Química y tecnología del petróleo y gas. Editorial Mir Moscú, 1988.
60. Revista Petróleo Internacional, 1996.
61. Rinking S. L. Propiedades termodinámicas de los gases. Editorial Mir. Moscú, 1979.
62. Rosabal Vega. Julio. “Hidrodinámica y separaciones mecánicas”. Edición Revolucionaria, 1998.
63. Sardanosh Vili. A. N. Ejemplos y problemas de tecnología y refinación de petróleo y gas, 1973.
64. Segundo Seminario Internacional Ciudad, energía y medio Ambiente en América Latina, uso Racional de la Energía como factor de competitividad y productividad en las Empresas Expositor Ing. José Ponce Alcántara, 2008.
65. Sourlas. D. D. Life cycle assessment. University of Missouri-Rolla, 1999.
66. Srinivas. B. K. An overview of mass integration and its application to process development. Advances in environmental research. January, 1997.
67. Stilar Industrial S.A.C Calidad y ahorro de Energía. Apartado postal 11857 Sucursal 55 Lima Perú. 2009. Wed: www.stilar.net.
68. Tunnah. B, Preliminary Ideas for Training course, Pemex, Introducción a la administración de la Energía y a las auditorías Energéticas, 2009.

69. Verde Padrón Rolando. Principio de la refinación de petróleo. Editorial Orbe, 1981.
70. Verde Padrón Rolando. Tecnología moderna del petróleo en Cuba. Editorial Científico Técnico, 1982.
71. Vladirmi Anatolev, Petroleum Refining with Chemicals, 2007.
72. V. Piórishkin, N. A. Rodina. Física 1. Editorial Mir Moscú, 1986.
73. Vukalovitch. M. P. Propiedades Termodinámicas del agua y el vapor. Ediciones Revolucionarias, 1974.
74. Wilson. S. D. and Manousiouthakis. V. I. Heat mass exchange network synthesis with stream mixing a linear program formulation Annual meeting session 199. AICHE, 1997.
75. Wuithier. Pierre. El petróleo. Refino y tratamiento químico. Editorial Blume. Tomo II, 1973.

Anexo No. 1: Encuesta. Diagnóstico al sistema energético.

Pregunta	SI	NO	No Sé
1. ¿Está definido en qué grado influyen los costos energéticos en los costos totales de producción?			
2. ¿Está definido el peso que tiene cada portador energético en el consumo y en el costo total de la energía?			
3. ¿Existe un sistema de monitoreo y control de la eficiencia?			
4. ¿Existen registros del sistema de monitoreo?			
5. ¿Está basado el sistema de monitoreo y control de la eficiencia energética en índices de eficiencia, consumo y economía energética?			

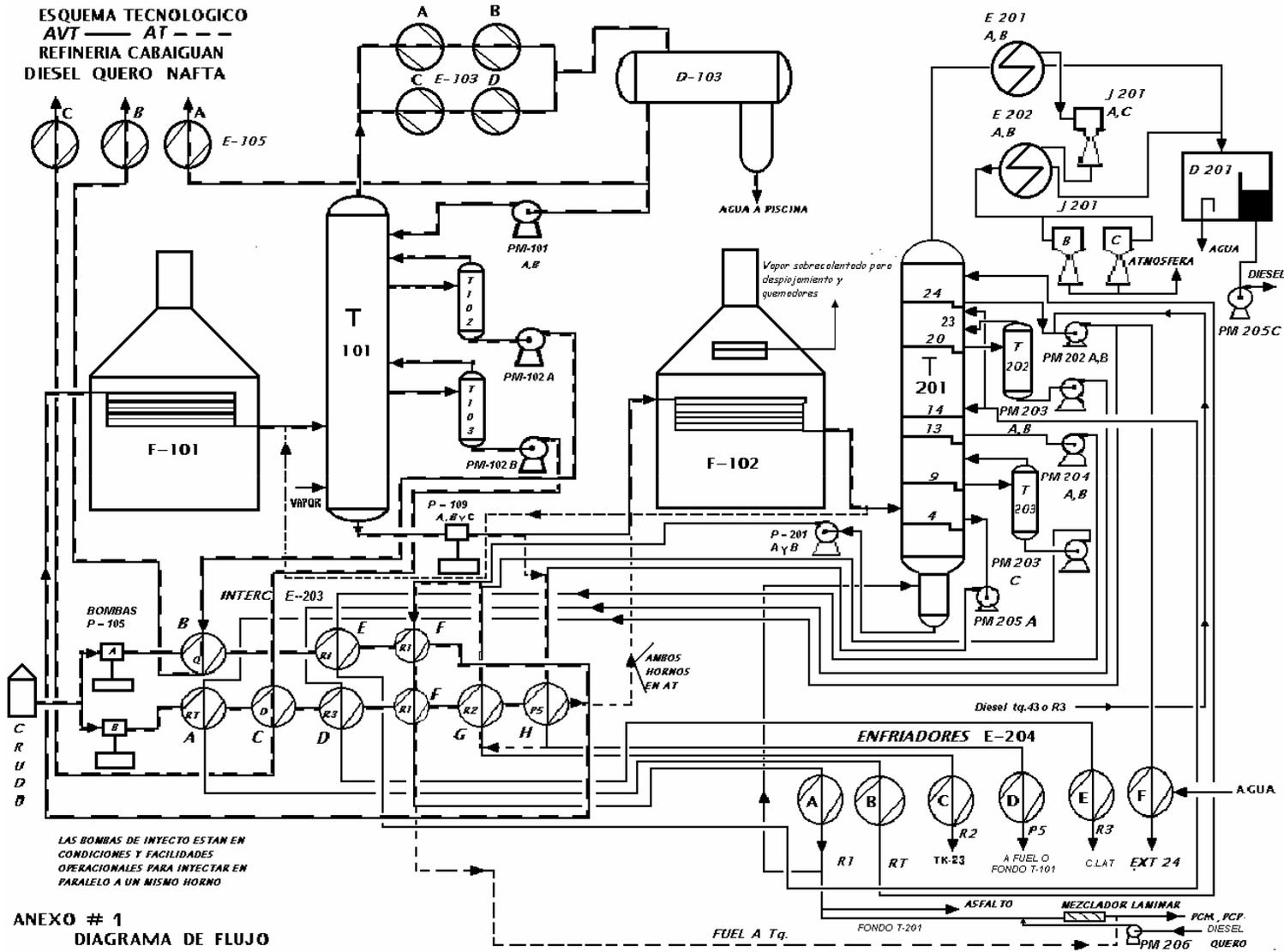
6. ¿La planificación del consumo de portadores y el monitoreo y control llega hasta las áreas y equipos mayores consumidores?			
7. ¿Se monitorean índices de eficiencia, consumo y economía energética en los niveles necesarios?			
8. ¿Las áreas y equipos mayores consumidores cuentan con estándares y metas de consumo fundamentadas técnicamente?			
9. ¿Están identificados los recursos humanos que más influyen en la eficiencia energética?			
10. ¿Están identificados los problemas de prácticas ineficientes de estos recursos humanos?			
11. ¿Es el nivel de competencia de estos recursos humanos el adecuado para la labor que realizan?			
12. ¿Se capacitan y recalifican con la frecuencia necesaria estos recursos humanos?			
13. ¿Existe estabilidad laboral de estos recursos humanos?			
14. ¿Están establecidos mecanismos de interés funcionales para la eficiencia energética en la empresa?			
15. ¿Están organizados los recursos humanos en la empresa para trabajar por la eficiencia energética?			
16. ¿Existe un plan de inversiones en eficiencia energética a corto, mediano y largo plazo debidamente fundamentado técnica y económicamente?			
17. ¿Se han ejecutado en el último año inversiones para elevar la eficiencia energética?			
18. ¿Es adecuada la tarifa eléctrica seleccionada por la empresa?			
19. ¿Existe un plan de concientización del personal alrededor de la eficiencia energética?			
20. ¿Existe un sistema de divulgación interna de las mejores experiencias en materia de ahorro de energía?			

Anexo No. 2: Encuesta. Diagnostico ambiental a los trabajadores de la empresa.

Nos dirigimos a usted con el objetivo de que llene la siguiente encuesta, la cual no pretende obtener respuestas buenas o malas, sino su cooperación con el fin de valorar el conocimiento que existe en materia ambiental.

<p>1-Marque con una x los conceptos que crea usted que se relacionan con el medio ambiente.</p> <p>---Entorno.</p> <p>---Flora y Fauna.</p> <p>---Plantas.</p> <p>---Interacción Hombre Naturaleza.</p> <p>---Olores.</p>	<p>2-¿Ha recibido usted información sobre los problemas ambientales a los cuales nos enfrentamos diariamente?</p> <p>--- Mucha.</p> <p>---Poca.</p> <p>---Regular.</p> <p>---Ninguna.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Anexo No. 3: Diagrama de Flujo AVT



Anexo No. 4: Identificación del proceso tecnológico planta AVT

El petróleo crudo procedente de los tanques de almacenamiento es bombeado por la bomba P-105 A o B a través de los intercambiadores de calor E-203 A, B, C, D, E, F, G y H que corresponden a reflujo tope, queroseno, diesel, corte lateral ligero (R3), reflujo intermedio o diesel, fondo de vacío, corte lateral pesado (R2) y fondo de vacío (también puede ser extracción de plato 5). En estos intercambiadores el crudo se calienta por el calor cedido por las corrientes anteriores hasta una temperatura alrededor de 190 °C.

El petróleo crudo se divide en dos ramas y entra al horno F-101 donde se eleva la temperatura hasta 320 – 340 °C. El crudo parcialmente vaporizado entra en la zona de alimentación de la torre T-101. La parte vaporizada asciende y el líquido cae en la zona de despojamiento la que posee tres platos de perforados en el fondo de la torre.

Los vapores despojados en el fondo más la parte vaporizada del crudo y el vapor de agua ascienden en la zona de rectificación compuesta por 15 platos de copas y un plato de malla.

Por los platos 7 y 9 se extrae el corte de diesel por cajas de extracción parcial. Este producto entra a la torre despojadora T-103 que posee 3 platos de copas donde se despoja de los productos más ligeros ajustando el punto de inflamación mediante la inyección de vapor de agua al fondo de esta torre. El corte despojado es bombeado por la bomba P- 102 B a través del intercambiador de calor E-203 C, con la posibilidad de entrar al E-203 E, y el enfriador E-105 C y posteriormente es tratado con sosa cáustica y enviado al tanque de producción.

El queroseno se extrae de los platos 13, 14, 15 Y 16 por cajas de extracción parcial. Este producto entra a la torre despojadora T-102 que posee tres platos de copas donde se despoja de los productos más ligeros ajustando el punto de inflamación mediante la inyección de vapor de agua al fondo de esta torre. El corte despojado es bombeado por la bomba P- 102 A a través del intercambiador de calor E-203 B y el enfriador E-105 B y posteriormente es enviado a los tanques de almacenamiento.

Por el tope de la torre T-101 los gases, el vapor de agua, vapores de nafta y reflujo tope pasan a los condensadores E-103 A y B, E-103 C y D donde se enfrían y condensan

estos vapores, pasando al tambor separador de tope D-103. En este tambor ocurre la separación de los gases no condensables, nafta y agua. Parte de la nafta se retorna a la torre T-101 mediante la bomba P101 A o B como reflujo al tope y el resto de la nafta se envía al enfriador E-105 A y al tanque de tratamiento con sosa, pasando por reboso a su tanque de almacenamiento. El agua es drenada al enfriadero y los gases no condensables se envían junto a la nafta a tanque de producción.

El crudo reducido que sale del fondo de la T-101 es bombeado con la bomba P-109 A, B o C gobernada por un control de nivel ubicado en el fondo, y se muestra el flujo por un indicador de flujo FI12, llegando al horno F-102 donde se calienta hasta 380-415 ° C en dependencia de la operación, vaporizándose parcialmente. En la zona de radiación del horno se puede introducir vapor de agua con vistas a evitar la formación de coque en los tubos del mismo. El producto pasa a la zona de alimentación de la torre T-201, entre los platos 3 y 4, que se encuentra a una presión por debajo de la presión atmosférica ocurriendo el flasheo del producto. .

La torre T-201 está diseñada con 27 platos distribuidos de la siguiente manera:

Fondo	3 platos (plato perforado)
Zona de lavado	5 platos (4 copas y 1 malla)
Zona rectificación	19 platos (17 válvulas y 2 colector)

En esta separación inicial los vapores ascienden en la torre y el líquido cae al fondo. El fondo de la torre mantiene su nivel con un lazo en el autómatas (LIC-01) accionando la neumática existente en las bombas P-201 (A o B) y es bombeado a través de los intercambiadores E-203 H y E-203 F donde le ceden calor al crudo inyectado a la parte atmosférica, al enfriador E-203-A de donde una parte va al fondo de la torre T-201, con vistas a que la temperatura del fondo esté por debajo de 343°C, la otra parte se envía a asfalto o puede pasar por un mezclador donde se le adiciona queroseno o diesel para producir Petróleo Combustible, en dependencia de la operación.

La primera extracción de producto es por el plato 9 que pasa al despojador T-203 donde es despojado de las fracciones ligeras con vapor de agua. El flujo de producto de la T-201 al despojador es gobernado por un lazo de control de nivel (LIC-03) . De

ahí lo toma la bomba P-203 B o C en cuya descarga está montado el lazo de flujo (FIC-02) que gobierna la salida de producto, y es bombeado al intercambiador E-203 G donde le cede calor al crudo, de ahí circula al enfriador E-204 C pasando al manifold de donde puede ser enviado a los diferentes tanques de cortes de aceites o gasóleo de vacío.

La siguiente salida es por el plato 13, siendo un reflujo intermedio cuyo control se hace con un lazo en cascada de la temperatura del plato (TIC-04) con el flujo. Es tomado por la bomba P-204 A bombeado al intercambiador E-203 E y devuelto a la torre en el plato 14.

La segunda extracción de producto es por el plato 20 que pasa al despojador T-202 donde es despojado de las fracciones ligeras con vapor de agua. El flujo de producto de la T-201 al despojador es gobernado por un lazo de control de nivel (LIC-03). De ahí lo toma la bomba P-203 A o B en cuya descarga está montado el lazo de flujo (FIC-01) que gobierna la salida de producto, y es bombeado al intercambiador E-203 D donde le cede calor al crudo, luego al enfriador E-204 D pasando al manifold de donde puede ser enviado a los diferentes tanques de cortes de aceites o gasóleo de vacío.

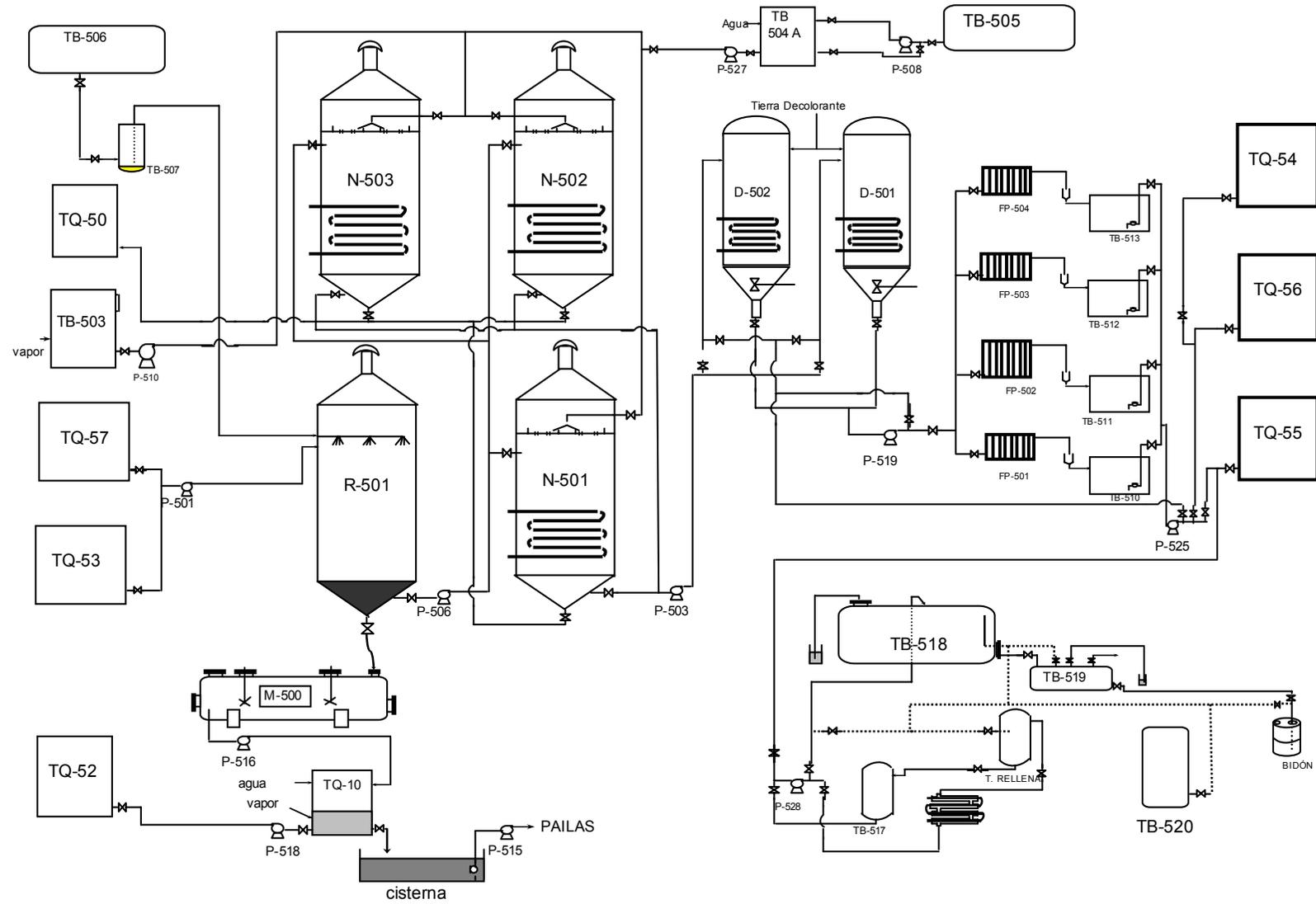
Existe la posibilidad de usar como reflujo intermedio la salida del despojador T-202, retornándolo al plato 24, gobernándolo por el sistema de control del reflujo intermedio (TIC-04).

La próxima salida es el reflujo al tope el cual es un reflujo de intervalo, se toma por el plato 24 por la bomba P-202 (A o B) en cuya descarga tiene el control de cascada de temperatura (TIC-01) dejando pasar más flujo por la línea intercambiador E-203 A, enfriador E-204 B y tope (plato 27) y el control de nivel del plato 24 (LIC-02) que va a una línea al manifold pudiendo tirarse a los distintos tanques de corte de aceite así como al diesel y al crudo en caso que no cumpla especificaciones. Todos los productos son extraídos por cajas de extracciones parciales.

Los vapores no condensados, el aire y el vapor de agua suministrado durante el proceso, pasan a los condensadores de tope E-201 A, donde se condensan parcialmente. El líquido formado pasa al tambor D-201 donde se separan los

hidrocarburos del agua, el agua va al drenaje y los hidrocarburos son tomados por la bomba P-205 B o C y enviados a la línea del exceso de reflujo o al diesel. Los vapores no condensados pasan al eyector primario donde son arrastrados por el vapor de agua mezclándose con él y pasan al segundo condensador E-202 A, donde se condensa parte de ellos, de aquí los residuos son arrastrados por el eyector secundario para el condensador E-202 B, los líquidos condensados en los enfriadores E-202 A y B pasan igualmente al tambor D-201, quedando el aire y un residuo de vapor que se tira a la atmósfera.

ANEXO 5 Diagrama de Flujo Planta Aceite



Anexo No. 6: Descripción de las operaciones de cada etapa de la planta de Aceites Básicos

EQUIPO	OPERACION
<p>7.1- Refinadora (R 501)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Llenado de la Refinadora El Jefe de Brigada comunica al Área de Operaciones para que sea abierta la válvula de pie de tanque de materia prima (el que se defina). Se abren las válvulas 1,4 y 5, se pone en funcionamiento la bomba P-501 hasta que el volumen de aceite en la Refinadora sea de 90m³. En caso de estar averiada la P-501 se utilizará la P-502 abriendo las válvulas 52,128 y 5. • Adición de Ácido Sulfúrico Se pasará para el TB 507 la cantidad de ácido a adicionar en cada corte. Se abren las válvulas 6,7 y 8, terminada la operación se cierran y se abren las válvulas 9, 10, 11,12 y 13 hasta que la presión en el TB 507 sea de 2.5 kgf/cm². Seguidamente se abre la válvula 14 hasta terminar de adicionar la cantidad de ácido correspondiente. De la misma forma se procede con todos los cortes de ácido. • Purga del Gudrón Se abre la válvula 15 y se descarga el gudrón al mezclador M 500 hasta detectar la terminación del mismo por cambio del flujo, sonido y/o la salida de aceite. • Baño de Arrastre Se adiciona agua de lavado del tanque 50. Para la agitación moderada con aire, se abren las válvulas 17, 18, 20, 59 y 60 manteniendo abiertas las válvulas 9,10 y 13. Se purga el baño de arrastre de igual forma que se purga el gudrón ácido. Si en el tanque 50 no hay aguas de lavado se prepara una solución como se describe en Otras Operaciones: Preparación de la Solución de Hidróxido de Sodio para el baño de arrastre.
<p>7.2- Neutralizadoras (N-501, N-502 y N-503)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Llenado de la Neutralizadora Se succiona el aceite ácido de la Refinadora con la bomba P 506, abriendo las válvulas 21,22 y 23 y se descarga en la Neutralizadora abriendo las válvulas 24, 25 ó 26 según la neutralizadora a utilizar N 501, N 502 y/o N503, hasta que el trasiego del aceite sea total. Para calentar el aceite se abren las válvulas 28,29,30,31,32 para N 501, 33,34,35,36,37 para N 502 y 38,39,40,41, 42 para N 503. Las válvulas de salida de condensado de todos los equipos deben permanecer abiertas siempre (29, 31, 34, 36,39 y 41). Antes de realizar esta operación debe cerciorarse que estén abiertas las válvulas 27, 9 y10.
	<ul style="list-style-type: none"> • Preparación de la Solución de Hidróxido de Sodio para la etapa de neutralización Se prepara en el TB 504-A una solución de Hidróxido de Sodio de 6 a 10 % de concentración. Para ello, conociendo la concentración del Hidróxido de Sodio almacenado en el TB 505, se bombea al TB 504-A mediante la bomba P 508 abriendo las válvulas 140, 124, 141 y 142 para los TB 504 y 505, ó las válvulas 122, 123, 124,141 y 142 del tanque de almacenamiento(TB-505) al TB 504-A.

	<p>Se calcula la cantidad de agua industrial que se necesita para alcanzar la concentración de 6 - 10 %. La cantidad de agua ya calculada se bombea al TB 504-A mediante la bomba P 508 abriendo las válvulas 127, 138, 143 y 144. Se recircula abriendo las válvulas 43, 145,125 y 142. La recirculación es por espacio de 30 minutos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Adición de la Solución de Hidróxido de Sodio Se abren las válvulas 43,44 y 45, se mantiene la válvula 46 cerrada y se abren las válvulas 47 para N 501, 48 y 49 para N 502, 48 y 50 para N 503. Para realizar esta operación se utiliza la bomba P 527. <i>Siempre que se vaya a utilizar esta bomba es necesario cerciorarse de que las válvulas de descarga estén abiertas.</i> En caso de que esta bomba presente algún problema se puede utilizar la P 508. • Adición del Baño de Arrastre. Después de purgado el ultimo residuo de la Refinadora (Gudrón), se abren las válvulas 17, 18, 20, 59 y 60 y se pone en funcionamiento la bomba P-514 por espacio de 4 minutos con agitación. • Lavados Para efectuar lavados sin agitación se abren las válvulas 51, 53, 128 y 54 para N 501, 55 y 49 para N 502, 55 y 50 para N 503. En caso que se requiera agitación se abrirán además las válvulas 9,10 y 32 para N 501, 37 N 502 y 42 N 503. • Descarga o Purga de los Lavados Se abren las válvulas 56, 59, 164, 60, 61, 63 y 64 para N 501, 57, 59, 164, 60, 61, 63 y 64 para N 502, 58, 59, 164, 60, 61, 63 y 64 para N 503. Hasta la presencia visual de aceite. • Secado del Aceite Se realiza con agitación y temperatura, para ello se mantienen abiertas las válvulas 28,29,30,31 y 32 para N 501, 33, 34, 35, 36 y 37 para N 502, 38, 39, 40, 41 y 42 para N 503. Además deben estar abiertas las válvulas 9,10 y 27.
<p>7.3- <u>Digestores (D)</u></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Llenado del Digestor Se realiza desde la Neutralizadora con la bomba P 503, abriendo las válvulas 65 para N 501, 66 para N 502 ó 67 para N 503, 68, 69 y 70 para D 501 ó 71 D 502. Cuando se va a llenar el último digestor correspondiente a una neutralizadora, se succiona por el fondo de la misma abriendo las válvulas 56 para N 501, 57 para N 502, 58 para N 503, 72, 73, 68, 69 y 70 para D 501 ó 71 para D 502. • Adición de la Arcilla y Calentamiento del Aceite. Después de lleno el digestor (D-501 o D-502) se comienza a hacer vacío y se conecta el agitador mecánico, se abren las válvulas 157 y 79 para D 501, 80 y 157 para D 502. Paralelamente se adiciona la arcilla decolorante abriendo las válvulas 81 para D 501 y 82 para D 502. Después de adicionada toda la arcilla Se cierra la válvula de vapor a los eyectores y se abren las válvulas de condensado y vapor de cada digestor. Para D 501 la 74 y 75, para D 502 la 76 y la 77.

	<ul style="list-style-type: none"> • Recirculación del Aceite en el Digestor Se realiza con la bomba P 519 ó P 520. Con la P 519 se abren las válvulas 83 para D 501, 84 para D 502, 85, 86, 87, 88, 89 para D 501 y 90 para D 502. Si la recirculación se realiza con la bomba P 520 se abren las válvulas 83 para D 501, 84 para D 502, 91, 92, 87, 88, 89 para D 501 y 90 para D 502.
7.4- Filtros Prensa (FP)	<ul style="list-style-type: none"> • Filtración del Aceite Si se utiliza la bomba P 519 se abren las válvulas 85 y 86 de succión y descarga y si se emplea la bomba P 520 se abren las válvulas 91 y 92. También se abren las válvulas 83 para D 501, 84 para D 502, 87 y 93 para FP 501, 94 para FP 502, 95 para FP 503 y 96 para FP 504. Para el TB 510 la válvula 97, la 98 para TB 511, 99 para TB 512 y 100 para TB 513.
	<ul style="list-style-type: none"> • Soplado del Filtro Se pasa aire seco a través del filtro y el aceite contenido dentro de éste pasa al tanque de Slop (TB-508). Se abren las válvulas 101 para FP 501, 102 para FP 502, 103 para FP 503 ,104 para FP 504 y 105.
	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza de los filtros al terminar cada filtrada. Después de terminada la filtrada se comienza el soplado del filtro utilizando aire seco durante una hora, al mismo tiempo se conecta el ventilador para su enfriamiento. Al cabo de este tiempo se sierra el aire, comenzando a abrir el filtro con el sistema mecánico. Seguidamente se van limpiando los marcos con una cucharilla, cambiando el papel de la placa para el marco, hasta la limpieza del último marco, Para armar los mismos se pone papel nuevo en cada placa, uniendo las placas y los marcos hasta que quede totalmente armado, seguidamente se aprietan con el sistema mecánico.
7.5- Tanque de Producto Terminado	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Para enviar el aceite a los tanques de producto terminado: Se coordina con el área de Operaciones para que oriente al MAP-A, que abra las válvulas correspondientes, con la bomba P-525 y abriendo las válvulas 106 para el TB-510, 107 para el TB-511, 108 para el TB-512 y 109 para el TB-513. Además se abren las válvulas 112 y 110 para el TB-510, 511 y 512, la 111 para el TB-513 y la descarga 113 para el tanque 55 y 117 para el tanque 54 y 56.
7.6-Otras Operaciones:	<ol style="list-style-type: none"> 1. ► Retorno del Aceite de los TB al Digestor Se realiza con la bomba P 526 abriendo las válvulas 106 para TB 510, 107 para TB 511, 108 para TB 512, 110, 111, 114, 115,89 para D 501 y 90 para D 502.
	<ol style="list-style-type: none"> 2. ► Llenado y calentamiento del TB-503. Se llena el TB del tanque 51 con la bomba P-511, abriendo las válvulas 165, 166, 167 y 126, hasta el nivel visual superior, se abre la válvula manual 168 y la neumática es la encargada de mantener la temperatura dada en el setting en el TB.
	<ol style="list-style-type: none"> 3. ► Pase del Producto del tanque 10 para el tanque 52. Después de purgado todo el residuo del tanque 10 se pasa el producto para el tanque 52 con la bomba P-518 abriendo las válvulas 180,181,182 y 183 así como la entrada al tanque 52, hasta vaciar el tanque 10.
	<ol style="list-style-type: none"> 4. ► Tratamiento del gudrón ácido

	<p>Se realiza en el mezclador M 500. Se adiciona fuel oil desde el TB 516 abriendo las válvulas 129, 130, 131 y 132 hasta la altura de las paletas Se descarga el gudrón y se conectan los agitadores. Se adiciona sosa con la bomba P 509 abriendo las válvulas 133, 134, 135 y 136 si succionamos del TB 504 ó las válvulas 122, 137, 135 y 136 si succionamos del tanque horizontal. Esto se efectúa hasta lograr que la acidez sea menor o igual a 10 mg KOH/g. Se tomará muestra cada una hora para el análisis. Después se bombea con la P-516 o P-517 hacia el tanque 10.</p> <p>5. ► Pase del Gudrón neutralizado al tanque 10. Después de neutralizado el gudrón en el M-500, se pasa para el tanque 10 abriendo las válvulas 175, 176, 177 y 184 para la P-516, 178 y 179 para la P-517, hasta el vaciado total del M-500.</p> <p>6. ► Lavado del gudrón en el TQ-10. <u>Para el 0.5 %.</u> Antes de neutralizado el 0.5 % en el M-500, se adicionan 30 minutos de agua (10 m³) del tanque 51 al tanque 10, abriendo las válvulas 127, 61, 17, 18, 62, 164 y 16, seguidamente se comienza con el calentamiento del agua abriendo la válvula 78 hasta alcanzar 70 °C. Seguidamente cuando este neutralizado el 0.5 % se bombea hacia el TQ-10 donde se agita la mezcla gudrón-fuel-agua por 1 hora y se deja decantar 4 horas, el residuo es purgado a la cisterna quedando en el TQ-10 el producto gudrón-fuel. <u>Para el 1.5 o el 2.0 %.</u> Antes de neutralizado el 1.5 o el 2.0% en el M-500, se adicionan 50 minutos de agua (15 m³) del tanque 51 al tanque 10, abriendo las válvulas 127, 61, 17, 18, 62, 164 y 16. Seguidamente se comienza con el calentamiento del agua abriendo la válvula 78 hasta alcanzar 70 °C. Posteriormente cuando este neutralizado el 1.5 o el 2.0% se bombea hacia el TQ-10 donde se agita la mezcla gudrón-fuel-agua por 1 hora y se deja decantar 4 horas, el residuo es purgado a la cisterna quedando en el TQ-10 el producto gudrón-fuel, posteriormente se bombea el producto del TQ-10 para el TQ-52 con la bomba P-518.</p>
	<p>7. ► Recepción del Ácido Sulfúrico en el TB 506 Se ubica la paila en la zona de descarga, se conecta la manguera de aire a la misma y se acopla el platillo de la manguera de descarga a la salida del producto de la paila. Se suministra aire seco a la paila abriendo las válvulas 9, 10, 11 y 150 y para la descarga del producto se abre la válvula 151. Esta operación termina cuando se escuche salir el aire por el desahogo de la parte superior del TB-506. Terminada la operación se cierran todas las válvulas anteriormente abiertas. Nota: Tener presente todo lo referido para operaciones con este producto en las Instrucciones de los Puestos de Trabajo.</p> <p>8. ► Recepción del Hidróxido de Sodio en el TB 505. Se ubica la paila en la zona de descarga, se conecta la manguera de aire a la misma y se acopla la manguera de descarga a la salida del producto de la paila. Se suministra el aire a la paila abriendo la válvula 152 y según se incrementa la presión en la paila el producto se va descargando hacia el TB-</p>

	<p>505 de almacenamiento. Esta operación concluye cuando cae la presión del manómetro de la paila y se escucha salir el aire por la manguera de descarga.</p> <p><i>Nota: Tener presente todo lo referido para operaciones con este producto en las Instrucciones de los Puestos de Trabajo.</i></p>
	<p>9. ► Carga de Residuales hacia la Paila desde el Tanque 50</p> <p>Se parquea la paila debajo del cargadero, se coloca la manguera dentro de la misma y se abren las válvulas 59, 17, 18, 61, 62, 172, y 170. Se conecta la bomba P 514 hasta que se llene la paila. Terminada la operación se procede a cerrar las válvulas abiertas anteriormente.</p>
	<p>10. ► Carga de Residuales hacia la Paila desde la Cisterna</p> <p>Se parquea la paila debajo del cargadero, se coloca la manguera dentro de la misma y se abren las válvulas 171 y 170. Se conecta la bomba P 515 hasta que se llene la paila. Terminada la operación se procede a cerrar las válvulas abiertas anteriormente.</p> <p>11. ► Descarga de Nitrógeno Líquido.</p> <p>Después de descompresionado el TB-520, se ubica la paila en la zona de descarga, se conecta la manguera a la entrada del TB, abriendo la válvula 1 y 17, esta operación termina cuando el nivel del TB llega a su máximo valor (19 en la escala).</p>

Anexo No. 7: Variables del proceso, rangos más probables y normas de calidad.

Equipos	Variables	Rango	Norma de calidad
Calderas	-Presión de vapor en calderas.	5.6-10 kgf/cm ² 180-220	10 Kgf/cm ² 180 °C
	-Temperatura de Iso gases.	Dep. De al visc.	dep de la visc.
	-Temperatura del fuel.	0-10 ppm	0 ppm
	-Dureza del agua.	1-2 por turnos	Dep. de sólidos.
	-Extracciones.	6 Kgf/cm ²	6 kgf/cm ²
	-Presión gral vapor.		
Hornos		110-180 °C	149 °C
	-Temp. De entrada F-101	320 °C	288-400 °C
	-Temp. De salida F-101	290-320 °C	300 °C
	-Temp. De entrada F-102	390-405 °C	400 °C
	-Temp. De salida F-102	8-20 S/min	-
Torre T-101	-Flujo de crudo.		
	-Temp. De salida nafta (tope)	110-180 °C	160 °C
	-Temp. De salida diesel	280-290 °C	305°C
	-Temp. De salida kero	180-215 °C	227 °C
	-Temp. Zona flash	320-335 °C	320 °C
Tambor Separador	-Temp. Del D-103	60-90 °C	85 °C
	-Presión del D-103	1.13-2 kgf/cm ²	1.8 kgf/cm ²
Despojadores	-Presión del T-102	1.7-1.8 kgf/cm ²	1.77 kgf/cm ²
	-Presión del T-103	1.7-1.8 kgf/cm ²	1.77 kgf/cm ²

Anexo No. 8:

ACTA CONSEJO TÉCNICO ASESOR # 4/09

FECHA: 16-07-09

HORA: 3:00 PM

Asistencia:

- 1- Octavio Lazo Díaz
- 2- Mijail Bonachea Crespo
- 3- Carlos Blanco
- 4- Tomasa Toledo
- 5- José Rodríguez
- 6- Armando Serrano
- 7- Odonis Padilla
- 8- Rigoberto Benavides
- 9- Reinier Ramos
- 10- Rolando Denis
- 11- Rigoberto Benavides
- 12- Mario Martínez
- 13- Rosa Darías
- 14- Yandri Dita

Ausentes:

- 1- Eduany Sánchez
- 2- Alina Tosco
- 3- Leonardo Gonzáles
- 4- Olga L Paz

Invitados:

- 1- Zuleiquis Gil

Orden del día

- 1-Chequeo de Acuerdos.
- 2-Análisis de la realización de las calas en otras áreas de la empresa.
- 3-Análisis de las variantes para la acometida eléctrica hacia las bombas del descargadero de fuel oil.
- 4- Propuesta de estudio para la utilización del tk-37 para queroseno.
- 5-Propuesta de parámetros para el solvente reductor de viscosidad en Cabaiguán.
- 6- Creación del equipo de trabajo para la implementación de técnicas de producción más limpia.

Punto #1: No hay acuerdos pendientes.**Punto #2:**

La realización de las calas en la empresa no debe tener efecto para la pavimentación porque toda el área de la misma está sobre una capa técnica compactada a través de los años sobre la cual se encuentran varios tanques de crudo de más de 2 000 metros cúbicos de combustibles.

Se toma el acuerdo #3: No realizar calas en la refinería para la pavimentación de los viales dada la estructura existente.

Resp. Tomasa Toledo.

Punto #3:

Para la acometida eléctrica a las bombas de fuel oil del descargadero del ferrocarril se analizaron las tres variantes propuestas:

1. Desde la PGD hasta la CCM 1 y 2 con el montaje de una nueva CCM por vía soterrada.
2. Desde la PGD hasta la CCM 1 y 2 con el montaje de una nueva CCM por vía aérea.
3. Desde la PGD hasta los registros del lado del comedor por donde se venden los tikes y de ahí con la ruptura del suelo y tirando una nueva línea hasta la pizarra de las bombas.

Se toma el acuerdo #4: Realizar la traza eléctrica a las bombas de la descarga de fuel oil a través de la variante # 3.

Resp. Tomara Toledo.

Punto #4:

Se realiza la exposición por Odonis de que utilizando el tanque 37 para querosina y el 41 para diesel, quedando los tk-29, 64 y 19 para los solventes reductores de viscosidad.

Se toma el acuerdo #5: Realizar estudio de utilización del tanque 37 para querosina.

Resp. Mijail Bonachea Crespo y José Rodríguez.

Punto #5:

Alberto Mansito expone los parámetros del solvente reductor de viscosidad los cuales serán enviados al CEINPET para su aprobación definitiva.

Se toma el acuerdo #6 Enviar al Ceinpet los parámetros del solvente reductor de viscosidad.

Resp. Alberto Mansito y Mijail Bonachea.

Punto # 6:

Octavio explica la importancia de la aplicación de las técnicas de producción más limpia para la empresa y la novedad de ser la primera de Cupét que realiza este trabajo.

La compañera DrC. Zuleiquis Gil hace una presentación sobre este tema y se decide crear el equipo de trabajo para acometer la tarea.

Se toma el acuerdo #7: El equipo de trabajo para la aplicación de técnicas de producción mas limpia en la Refinería Sergio Soto queda integrado por:

Ing. Mijail Bonachea Crespo.

Ing. Carlos Blanco Valdivia.

Ing Rosa Darías Pérez.

Ing. José Rodríguez Pérez.

Anexo No. 9: Normas de calidad

Producto	Documento que ampara su producción	Características	Unidad de medida	Requisito
Nafta especial B	NC 33-92: 88 Industria del petróleo Nafta especial Especificaciones de calidad Catalogo de especificaciones Ramal Para productos terminados(combustibles) vigente desde el 97.07.01	Densidad 15°C Corrosión LC 3 horas 100° C Temperatura de destilación - temperatura inicial - temperatura final Contenido de azufre total Contenido de agua e impurezas mecánicas	g/cm ³ ° C % m/m	0.734 max 1.0 max 55 max 200 max 0.05 max ausencia
Queroseno B	NRIB 048: 86 Industria del petróleo Queroseno Especificaciones de calidad Modificada por hoja de especificaciones vigentes	1. Densidad 15 ° C 2. Corrosión LC 3 horas 100°C 3. Temperatura de destilación - temperatura inicial –	g/cm ³ -- °C	Deter.oblig. 1.0 max 140 min 205 max

	a partir de 97.05.01	10%Recirculacion - temperatura final 4. Contenido de azufre total 5. Contenido de azufre Mercapt. 6. Temperatura de inflamación 7. Color Saybol 8. Punto de humo 9. Viscosidad 40° C	% m/m % m/m °C - mm mm ² /s	300 max 0.25 max 0.03 max 38 min 16 min 20 min 1.0-1.9
Queroseno C	Catalogo de especificaciones Ramal Para productos terminados(combustibles) vigente desde 97.05.01	1. Densidad 15° C 2. Corrosión LC 3 horas 100° C 3. Temperatura de destilación - temperatura inicial – 10%Recirculacion –temperatura final 4. Contenido de azufre total 5. Contenido de azufre Mercapt 6. Temperatura de inflamación 7. Color ASTM 8. Punto de humo 9. Viscosidad 40° C	g/cm ³ - °C % m/m % m/m °C - mm mm ² /s	Reportar 3 max 140 min 205 max 325 max 0.35 0.03 38 min 0.5 max 15 min 1.0-2.0
Combustible diesel regular	NRIB 038:Petroleos y sus derivados Combustible diesel regular Especificaciones de calidad. Modificada en catalogo de especificaciones, vigente a partir del 97.07.01	Temperatura de destilación - temperatura inicial – 50%Recirculacion – 90%Recirculacion –temperatura final Temperatura de inflamación Azufre total Indice Cetano Viscosidad 40° C N° neutralización Color ASTM Corrosión LC 3 horas 100° C Cenizas	°C °C °C % m/m - mm ² /s mg KOH/g - - % m/m % m/m g/ml	Deter. Oblig 235- 300max 360 max Deter.oblig - 52 min 0.8 max 43 min 1.6-5.3 0.6 max 3.5 max 1 max

		Carbón Conrad Densidad 15° C Agua y sedimento	% v/v	0.01max 0.10 max 0.815- 0.865
Petróleo combustible ligero	NRIB 384: 84 Petróleo combustible ligero Especificaciones de calidad. Modificada por catálogo Ramal de especificaciones vigentes a partir de 97.07.01	1. Viscosidad 50° C 2. Contenido de azufre total 3. Temperatura de inflamación 4. Cenizas 5. Carbón Conrad 6. Valor calórico neto 7. Densidad 15° C 8. Agua por destilación 9. Sedimento por extracción	mm ² /s % m/m °C % m/m % m/m kcal/kg g/cm ³ % v/v % m/m	180 max 2.5 max 62 min 0.10 max 12.0 max 9200 min Deter. Oblig Ausencia 0.15 max
Petróleo combustible mediano	Catálogo de especificaciones Ramal. Para productos terminados, (combustible) vigente desde 97.05.15	1. Viscosidad 50° C 2. Contenido de azufre total 3. Temperatura de inflamación 4. Cenizas 5. Carbón Conrad 6. Valor calórico neto 7. Densidad 15° C 8. Gravedad 15° C 9. Agua por destilación 10. Sedimentación por extracción	mm ² /s % m/m °C % m/m % m/m kcal/kg g/cm ³ °API % v/v % m/m	181-350 3.0 max 62 min 0.10 max 12.0 max 9200 min 0.9854 max 12 min 2.0 max 0.15 max
Petróleo combustible pesado	Catálogo de especificaciones Ramal. Para productos terminados(combustibles) vigente desde 97.05.15	11. Viscosidad 50° C 12. Contenido de azufre total 13. Temperatura de inflamación 14. Cenizas 15. Carbón Conrad 16. Valor calórico neto 17. Densidad 15° C 18. Gravedad 15° C 19. Agua por destilación 20. Sedimentación por extracción	mm ² /s % m/m °C % m/m % m/m kcal/kg g/cm ³ °API % v/v % m/m	351-650 4.0 max 62 min 0.10 max 12.0 max 9200 min 0.9854 max 12.0 min 2.0 max 0.15 max

Anexo No. 10: Muestreo de gases de vacío

Valor de cargas obtenido de Sulfuro de Hidrógeno a diferentes corridas, expresadas en Kg/h

Fecha	Corridas	Cargas Kg/h
13/01/10	Cojimar 150-200	0.89
14/01/10	Mezcla Cienfuegos- Jaruco	1.2

Fecha	PST mg/m ³	HC aromáticos mg/m ³	SO ₂ mg/m ³	NO _x mg/m ³	HC Totales mg/m ³
13/01/10	47	36.15	820	86	123 086
14/01/10	45	45.1	796	83	122 865
Norma ^(a)	50		500	460	

Anexo 11 Muestreo de residuales líquidos

Código	DQO	PH	Sulfuros	Fenoles	S.Susp	DBO ₅	Cr VI
137	40.75	6	< 1	0.032	< 25	< 3	0.067
Métodos de ensayo	ISO 6060	ISO 10523	APHA 4500	ISO 6439	APHA 2540	ISO 5815	APHA 3500
Valores max.	150	6-9	1.0	0.5	30	30	0.1

Permisibles (a)							
Límite máx. permisibles (b)	120	6-9				60	
Carga Contaminante Kg/d	2.4			$1.9 \cdot 10^{-3}$			$4.0 \cdot 10^{-3}$

(a) Requerimientos de efluentes para descarga directa a aguas superficiales. World Bank Group, 1999.

(b) Límites Máximos Permisibles Promedio para las descargas de aguas residuales según la clasificación del cuerpo receptor (NC 27: 1999).

Anexo No. 12:

Cálculos de los consumos de diesel en la transportación de crudo, de la carga contaminante y el pago de las tarifa

Datos

Índices de consumo de las pailas = 2.21 Km/lts

Índices de consumo de un tren con 16 vagones = 8.0 Km/lts

Distancia entre Cabaiguán y Matanzas = 300 Km

Crudo a transportar = 24 000 ton/año

Capacidad de una paila = 20 ton

Capacidad de un vagón = 60 ton

Tarifa de Transcupet = 10 \$/Km

Tarifa del ferrocarril = 6.77 \$/Km

Precio del diesel = 0.70 \$/lts

Emisión de CO₂ = 2.668 Kg de CO₂ / lts de diesel

Diesel por pailas = 2 (dist Cab – Mtz) / Ind de consumo * (pailas / días * 330 días)
= 268 775.1 lts de diesel

Diesel por ferrocarril = 1 650 lts de diesel

Ahorro de diesel = 267 125.1lts

Ahorro en pesos = Ahorro de diesel * precio
= 186 987.57 \$/año

Disminución de la carga contaminante = 712 689.76 Kg de CO₂

Pago por tarifa de Transcupet = tarifa * dist Cab – Mtz * (pailas / días * 330 días)
= 5 940 000 \$/año

Pago por tarifa de Ferrocarril = 89 364 \$/año

Diferencia de tarifa = 5 850 636 \$/año

Anexo No. 13: Balance en equipos fundamentales

Balance de energía en la torre de destilación atmosférica

Datos: →(32)

Tec =336⁰C Mc =17500 Kg/h Hcl =169.75 kcal/Kg Hcv =317.13 kcal/Kg

Tev =240⁰C Mv =209.5 Kg/h Hv =2698.9 kcal/Kg

Tsn =116⁰C Mn =1137.5 Kg/h Hn =213.3 kcal/Kg

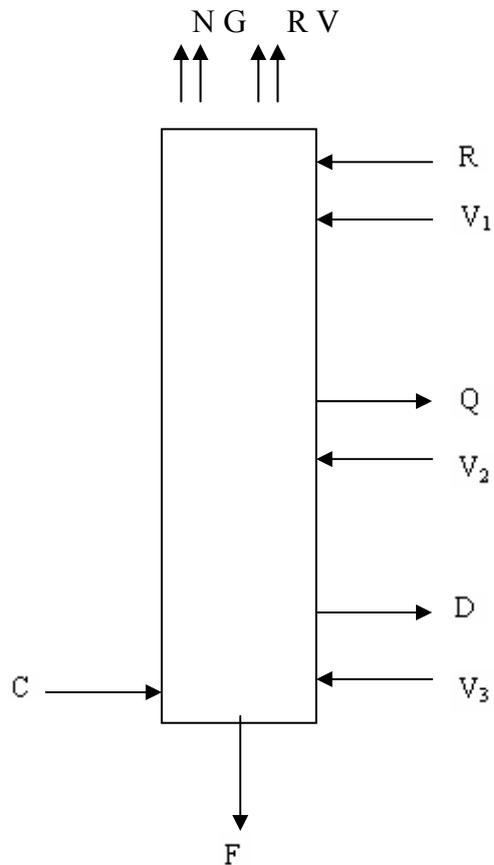
Tsq =184⁰C Mq =4847.09 Kg/h Hq =96.74 kcal/Kg

Tsd =290⁰C Md =1916.13 Kg/h Hd =161.5 kcal/Kg

Tsf =317⁰C Mf =9362.5 Kg/h Hf =170.8 kcal/Kg

Tsg =116⁰C Mg =236.8 Kg/h Hg =58 kcal/Kg

Entalpías →(6, 17, 33)



$$Q_c = M_c \cdot (H_{cl} \cdot x + H_{cv} \cdot y)$$

$$Q_v = M_v \cdot H_v$$

$$Q_n = M_n \cdot H_n$$

$$Q_c = 17500 \cdot (169.75 \cdot 0.315 + 317.13 \cdot 0.685)$$

$$Q_v = 209.5 \cdot 2698.9$$

$$Q_n = 1137.5 \cdot 213.3$$

$$Q_c = 4737342.7 \text{ kcal/h}$$

$$Q_v = 565419.55 \text{ kcal/h}$$

$$Q_n = 242628.75 \text{ kcal/h}$$

$$Q_q = M_q \cdot H_q$$

$$Q_d = M_d \cdot H_d$$

$$Q_f = M_f \cdot H_f$$

$$Q_g = M_g \cdot H_g$$

$$Q_q = 4847.09 \cdot 96.74$$

$$Q_d = 1916.13 \cdot 161.5$$

$$Q_f = 9362.5 \cdot 170.8$$

$$Q_g = 236.8 \cdot 58$$

$$Q_q = 468907.46 \text{ kcal/h}$$

$$Q_d = 309454.99 \text{ kcal/h}$$

$$Q_f = 1599115 \text{ kcal/h}$$

$$Q_g = 13734.4 \text{ kcal/h}$$

Reflujo de nafta

$$T_{er} = 58^\circ\text{C}$$

$$Q_r = M_r \cdot (H_{sr} - H_{er})$$

$$Q_c + Q_v + Q_{er} = Q_{sr} + Q_n + Q_q + Q_d + Q_f + Q_g$$

$$Q_g$$

$$T_{sr} = 116^\circ\text{C}$$

$$M_r = Q_r / (H_{sr} - H_{er})$$

$$Q_{sr} - Q_{er} = Q_c + Q_v - (Q_n + Q_q + Q_d + Q_f + Q_g)$$

$$Q_g$$

$$H_{er} = 17.3 \text{ kcal/Kg}$$

$$M_r = 2668921.6 / (213.3 - 17.3)$$

$$Q_r = (Q_{sr} - Q_{er}) = 2668921.6 \text{ kcal/h}$$

$$H_{sr} = 213.3 \text{ kcal/Kg}$$

$$M_r = 13616.95 \text{ Kg/h}$$

$$M_r = ?$$

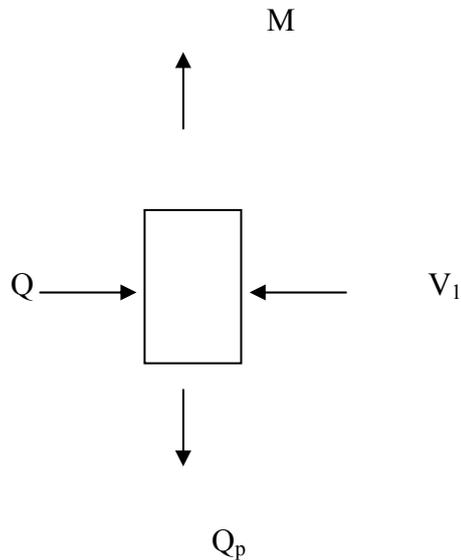
Balances de masa y energía en despojadores

- de quero

Datos

$M_q = 4847.09 \text{ Kg/h}$
efic. despojador = 0.8

ligero



$Q_p \rightarrow$ Quero pesado

$V_1 \rightarrow$ Vapor

$Q \rightarrow$ Quero

$M \rightarrow$ Reflujo de quero

$$Q = Q_p / \text{efic. despojador}$$
$$Q = 4847.09 / 0.8$$

$$Q = 6058.86 \text{ Kg/h}$$

Suponiendo que el consumo de vapor en el despojador de quero es aproximadamente de 0.05 Kg de vapor/Kg de quero:

$$V_1 = 0.05 * Q$$

$$V_1 = 0.05 * 6058.86$$

$$\underline{V_1 = 302.94 \text{ Kg de vapor/h}}$$

$$Q + V_1 = M + Q_p$$

$$M = Q + V_1 - Q_p$$

$$M = 6058.86 + 302.94 - 4847.09$$

$$M = 1514.71 \text{ Kg/h}$$

- de diesel

Datos

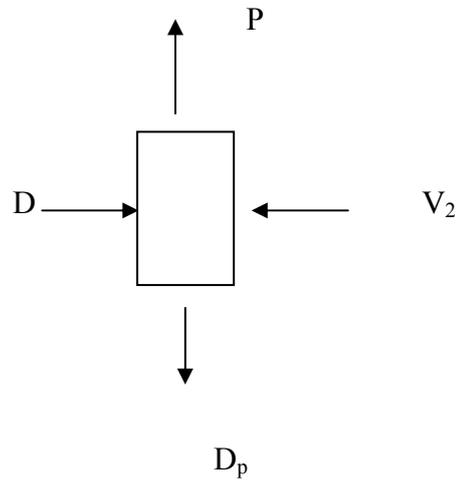
$M_q = 4847.09 \text{ Kg/h}$
efic. despojador = 0.8

$D_p \rightarrow$ Diesel pesado

$V_2 \rightarrow$ Vapor

$D \rightarrow$ Diesel

P → Reflujo de diesel ligero



$$D = D_p / \text{efic. despojador}$$
$$D = 1916.13 / 0.8$$

$$D = 2395.16 \text{ Kg/h}$$

Suponiendo que el consumo de vapor en el despojador de diesel es aproximadamente de 0.05 Kg de vapor/Kg de diesel:

$$V_2 = 0.05 * D$$

$$V_2 = 0.05 * 2395.16$$

$$V_2 = 119.76 \text{ Kg de vapor/h}$$

$$D + V_2 = P + D_p$$

$$P = D + V_2 - D_p$$

$$P = 2395.16 + 119.76 - 1916.13$$

$$P = 598.79 \text{ Kg/h}$$

Balance de energía en enfriadores

- **de nafta**

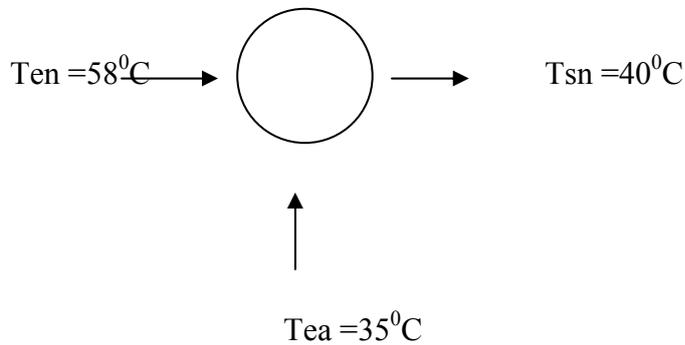
Datos

$$M_n = 1137.5 \text{ Kg/h}$$

$$\eta = 0.9$$

$$T_{sa} = 40^\circ C$$





Entrada de nafta

$$K = 24.73 \text{ kcal/Kg}$$

$$a = 1.191$$

$$H_{en} = 29.45 \text{ kcal/Kg}$$

Salida de nafta

$$K = 16.77 \text{ kcal/Kg}$$

$$a = 1.191$$

$$H_{sn} = 19.97 \text{ kcal/Kg}$$

Entrada de agua

$$H_{ea} = 35.08 \text{ kcal/Kg}$$

Salida de agua

$$H_{sa} = 40.08 \text{ kcal/Kg}$$

Entalpías del agua → (16)

$$Q_g + \eta Q_c = 0$$

$$Q_c = M_n \cdot (H_{sn} - H_{en})$$

$$Q_c = 1137.5 \cdot (19.97 - 29.45)$$

$$Q_c = -10783.5 \text{ kcal/h}$$

$$Q_g = -\eta Q_c$$

$$Q_g = 0.9 \cdot 10783.5$$

$$Q_g = 9705.15 \text{ kcal/h}$$

$$Q_g = M_a \cdot (H_{sa} - H_{ea})$$

$$M_a = Q_g / (H_{sa} - H_{ea})$$

$$M_a = 9705.15 / (40.08 - 35.08)$$

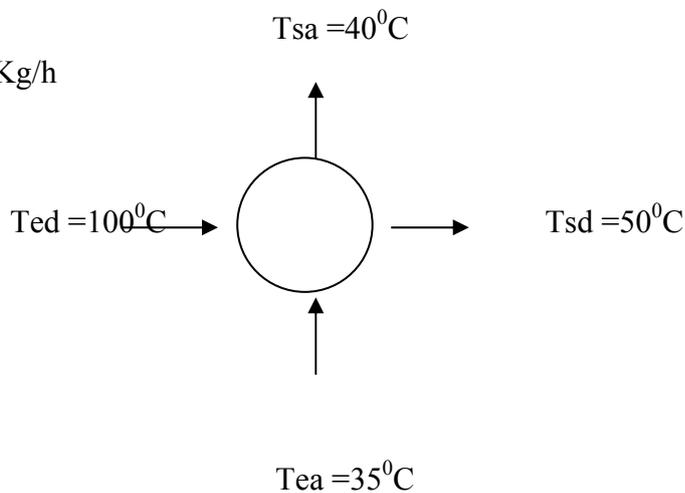
$$\underline{M_a = 1941.03 \text{ Kg/h}}$$

- **de diesel**

Datos

$$M_d = 1916.13 \text{ Kg/h}$$

$$\eta = 0.9$$



Entrada de diesel

$$K = 44.35 \text{ kcal/Kg}$$

$$a = 1.07$$

$$Hed = 47.45 \text{ kcal/Kg}$$

Salida de diesel

$$K = 21.16 \text{ kcal/Kg}$$

$$a = 1.07$$

$$Hsd = 22.64 \text{ kcal/Kg}$$

Entrada de agua

$$Hea = 35.08 \text{ kcal/Kg}$$

Salida de agua

$$Hsa = 40.08 \text{ kcal/Kg}$$

Entalpías del agua → (16)

$$Qg + \eta Qc = 0$$

$$Qc = Md * (Hsd - Hed)$$

$$Qc = 1916.13 * (22.64 - 47.45)$$

$$Qc = -47539.19 \text{ kcal/h}$$

$$Qg = -\eta Qc$$

$$Qg = 0.9 * 47539.19$$

$$Qg = 42785.27 \text{ kcal/h}$$

$$Qg = Ma * (Hsa - Hea)$$

$$Ma = Qg / (Hsa - Hea)$$

$$Ma = 42785.27 / (40.08 - 35.08)$$

$$Ma = 8557.05 \text{ Kg/h}$$

Anexo No. 14: Rechequeo del intercambiador nuevo para diesel.

♦ de diesel (E-203C)

Intercambiador	Coraza	Crudo	Diesel
DE=19.5mm	DE=924mm	Mc=17500 Kg/h	Md=1916.13Kg/h
DI=14.5mm	DI=900mm	t ₁ =25 ⁰ C	T ₁ =150 ⁰ C
Nt=592	L=4.63m	t ₂ =90 ⁰ C	T ₂ =90 ⁰ C
L=4.88m	Número de deflect.=23	Cp=0.49BTU/lb ⁰ F	Cp=0.57BTU/lb ⁰ F
n=8		Kc=0.1211W/m ⁰ C	Kd=0.1228W/m ⁰ C

Pt=cuadrado=26m m		$\mu=3.5\text{cP}$	$\mu=0.6\text{cP}$
Atc=176.78m ²		$\rho=880\text{Kg/m}^3$	$\rho=790\text{Kg/m}^3$

1. $Q=Mc \cdot C_{pc} \cdot \Delta t$
 $Q=17500 \cdot 2053.1 \cdot (90-25)$
 $Q=359292500\text{ J/h}=99803.47\text{W}$

2. $(\Delta t)_v = Ft \cdot \text{MLDT}$

	FC		FF	
T ₁	190 ⁰ C	Mayor	90 ⁰ C	t ₂
T ₂	100 ⁰ C	Menor	80 ⁰ C	t ₁

Para hallar Ft:

$$R = (T_1 - T_2) / (t_2 - t_1) \quad S = (t_2 - t_1) / (T_1 - t_1) \quad \text{MLDT} = (\Delta t_1 - \Delta t_2) / \ln(\Delta t_1 / \Delta t_2) \quad (\Delta t)_v = 0.93 \cdot 49.69^{\circ}\text{C}$$

$$R = 9 \quad S = 0.09 \quad \text{MLDT} = 49.69^{\circ}\text{C} \quad (\Delta t)_v = 46.21^{\circ}\text{C}$$

Ft=0.93(Fig.18 Kern)

3. Ubicación de los fluidos

Por dentro: el crudo

Por fuera: el diesel

4. Cálculo de los coeficientes peliculares

$$\text{Nu} = 0.021 \cdot \text{Re}^{0.8} \cdot \text{Pr}^{0.43} (\text{Pr}/\text{Pr}_p)^{0.25} \cdot \text{El}$$

$$L/\text{DI} > 50 \text{ por tanto } \text{EL} = 1$$

$$\text{El liquido se calienta por tanto } \text{Pr}/\text{Pr}_p = 1$$

Cálculo de la velocidad del crudo

$$a_t = \pi \cdot \text{DI}^2 / 4 = 0.0001650\text{m}^2$$

$$a_t = a_t \cdot \text{Nt} / n = 0.01221\text{m}^2$$

$$v_c = \text{Mc} / a_t \cdot \rho_c = 0.452\text{m/s}$$

$$\text{Pr} = C_{pc} \cdot \mu_c / K_c = 59.34$$

$$\text{Re} = \rho_c \cdot v_c \cdot \text{DI} / \mu_c = 1647.86$$

$$\text{Nu} = 0.021 \cdot (1647.86)^{0.8} \cdot (59.34)^{0.43}$$

$$\text{Nu} = 45.54$$

$$h_i = \text{Nu} \cdot K_c / \text{DI} = 380.34\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$h_{io} = h_i \cdot \text{DI} / \text{DE} = 282.82\text{W/m}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Cálculo de jH

$$W = 1916.13\text{Kg/h} = 4225.07\text{lb/h}$$

$$\text{De} = 4(\text{Pt}^2 - \pi \cdot d_o^2 / 4) / \pi \cdot d_o = 0.97\text{plg}$$

$$C' = \text{Pt} - d_o = 26 - 19.5 = 6.5\text{mm} = 0.2563\text{plg}$$

$$B = L / \text{num. deflect.} = 4630\text{mm} / 23 = 201.33\text{mm} = 7.93\text{plg}$$

$$A_s = \text{DI} \cdot C' \cdot B / \text{Pt} = 0.49\text{pie}^2$$

$$G_s = W / A_s = 4225.07 / 0.49 = 78750\text{lb/hpie}^2$$

$$\text{Res} = \text{De} \cdot G_s / \mu_d = 0.97 \cdot 78750 / 1.452 = 4393.08$$

$$jH=37(\text{Fig.28 Kern})$$

Cálculo de T_w

$$h_o=(jH*K_d/D_e)*(C_{pd}*\mu_d/K_d)^{1/3}*\Phi_s$$

$$h_o/\Phi_s=(37*0.1228/0.0247)*(2388.3*0.6*10^{-3}/0.1228)^{1/3}$$

$$h_o/\Phi_s=410.66\text{W/m}^2\text{ }^0\text{C}$$

$$W=17500\text{Kg/h}=38587.5\text{lb/h}$$

$$G_{sc}=W/at=38587.5/0.1314=293664.38\text{ lb/hpie}^2$$

$$Res=DI*G_{sc}/\mu_c=0.0476*293664.38/8.47=1650.35$$

$$L/DI=4630/14.5=319.31$$

$$jH=22(\text{Fig. 24 Kern})$$

$$h_i=(jH*K_c/DI)*(C_{pc}*\mu_c/K_c)^{1/3}*\Phi_i$$

$$h_i/\Phi_i=(22*0.1211/0.0145)*(2053.1*3.5*10^{-3}/0.1211)^{1/3}$$

$$h_i/\Phi_i=716.66\text{W/m}^2\text{ }^0\text{C}$$

$$h_{io}/\Phi_i=(h_i/\Phi_i)*(DI/DE)=716.66*19.5/14.5=532.9\text{W/m}^2\text{ }^0\text{C}$$

$$T_w=t_m + (T_m-t_m)*[h_o/\Phi_s/(h_{io}/\Phi_i + h_o/\Phi_s)]$$

$$T_w=85 + (145-85)*[410.66/(532.9 + 410.66)]$$

$$T_w=111.11\text{ }^0\text{C}=232\text{ }^0\text{F}$$

$$\mu_w=0.88\text{cP}(\text{Maxwell})$$

$$\Phi_s=(\mu_d/\mu_w)^{-0.14}=(0.6/0.88)^{-0.14}=1.06$$

$$\Phi=(C_{pd}*\mu_d/K_d)^{-1/3}=(2388.3*0.6*10^{-3}/0.1228)^{-1/3}=0.44$$

$$h_o=jH*K_d/D_e*\Phi*\Phi_s=22*0.1228/0.025*0.44*1.06=231.7\text{ W/m}^2\text{ }^0\text{C}$$

$$5. U_c=(h_o*h_{io})/(h_o+h_{io})=(231.7*282.82)/(231.7 + 282.82)=127.36\text{ W/m}^2\text{ }^0\text{C}$$

$$6. U_d=Q/At_c*(\Delta t)_v=99803.47/176.78*46.21=12.22\text{ W/m}^2\text{ }^0\text{C}$$

$$7. R_{dcal.}=(U_c-U_d)/(U_c*U_d)=(127.36-12.22)/(127.36*12.22)=0.073\text{ m}^2\text{ }^0\text{C/W}$$

$$8. R_{dreq.}=R_{do}+R_{di}$$

$$R_{di}=0.02\text{ m}^2\text{ }^0\text{C/W}$$

$$R_{dreq.}=0.018 + 0.02=0.038\text{ m}^2\text{ }^0\text{C/W}$$

$$R_{do}=0.018\text{ m}^2\text{ }^0\text{C/W}$$

$$9. R_{dcal.}>R_{dreq.} \quad 0.073>0.038$$

$$10. \%A_{exc}=(R_{dcal.}-R_{dreq.})/R_{dreq.}*100=92.1\%$$

Anexo No. 15: Cálculo del ahorro de fuel oil por quema de gases de vacío en el horno F-102

Datos

VCS fuel oil= 9756 kcal/Kg

VCS gas = 10 000 Kcal/Kg

Mc =17500 Kg/h

Hsl =191 kcal/Kg

Hsv =252 kcal/Kg

c. aprovech. =f (T chimenea, % de aire en exceso) =7198.4 kcal/Kg

η = c. aprovech/c. disponible =7198.4/9756 =0.738

efic. quemador =0.9

Mgas = 31.18 Kg/h

Horas de corrida = 1920 h/año

Entrda de crudo

Salida de crudo

pec =0.932 Kg/L

psc =0.91 Kg/L

Hec =72.35 kcal/Kg

$Q_{abs} = Mc * (Hsl * y + Hsv * x - Hec)$

$x = (N + K + D + G) / C = 0.315$

$Q_{abs} = 17500 * (191 * 0.685 + 252 * 0.315 - 72.35)$

$y = 1 - x = 0.685$

$Q_{abs} = 2412637.5$ kcal/h

$q_c = VCS * \text{efic. quemador}$

$q_c = 9268.2$ kcal/Kg

$Q_c \text{ gas} = VCS \text{ gas} * \text{eficiencia del quemador}$

$Q_c \text{ gas} = 9\ 000$ Kcal/Kg

$Mc \text{ (fuel oil)} = ((Q_{abs} / \text{efic. Horno}) - (q_c \text{ gas} * m_{gas})) / q_{cfuel}$

$Mc \text{ (fuel oil)} = 322.45$ kg/h

Ahorro de fuel oil = 352.73 – 322.45

= 30.28 Kg/h

= **58.14 ton de fuel oil en el año**

Anexo No. 16: Balance energético de los generadores B-606

d fluido

979.2

kg / m3

Masa del combustible

Mc

0.5056

495.10

kg / h

2.- Cálculo del % de CO en los gases

Cuando no se mide el % de CO, este se puede estimar por el siguiente algoritmo

$$CO = ((21 - B * CO_2) - (CO_2 + O_2)) / 0,605 + B$$

donde B depende de la composición del combustible y se calcula por la siguiente expresión

$$B = (2,85 * (H - 0,126 O + 0,04 N)) / C + 0,375 S$$

Composición del combustible

	%
C	87.5
H	9.3
O	4.1
N	0
S	3.2
CO ₂	12.2

B=

0.2822

Introduzca los datos de la composición

CO=

1.4167

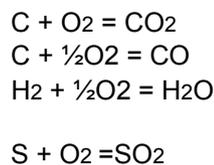
%

Se introducen los valores de los gases

3.- Balance de masa

Base de cálculo : 1 hora

Reacciones que ocurren :



Gases secos

	%
CO ₂	12.20
CO	1.42
O ₂	4.10
N ₂	82.28
Suma	100.00

Calcula el % de

Masa molar del

El C que entra se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$C = M_c \cdot (\text{Fracción de C}) \text{ kg} \cdot 1 \text{ kMol} / 12 \text{ kg}$$

$$C = 36.10 \text{ kMol}$$

$$\text{Igual al que sale } 36.10$$

El H₂ que entra se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$H_2 = M_c \cdot (\text{Fracción de H}) \text{ kg} \cdot 1 \text{ kMol} / 2 \text{ kg}$$

$$H_2 = 23.02 \text{ kMol}$$

El S que entra se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$S = M_c \cdot (\text{Fracción de S}) \text{ kg} \cdot 1 \text{ kMol} / 32 \text{ kg}$$

$$S = 0.50 \text{ kMol}$$

Cálculo del flujo de gases secos f(gs)

$$f(\text{gs}) = (C \text{ que sale}) / (\%CO_2 + \%CO) / 100$$

$$f(\text{gs}) = 265.12 \text{ kMol}$$

Para calcular los moles de gases secos que salen se multiplica la fracción en % de cada uno de los gases secos por el flujo de gases secos calculado.

$$CO_2 \text{ que sale } 32.35 \text{ kMol}$$

$$CO \text{ que sale } 3.76 \text{ kMol}$$

$$O_2 \text{ que sale } 10.87 \text{ kMol}$$

$$N_2 \text{ que sale } 218.15 \text{ kMol}$$

$$N_2 \text{ que entra}$$

La corriente de aire seco que entra = N₂ que entra / 0,79

Aire seco que entra

Balance de agua (producto)

$$H_2O \text{ sale} = H_2O \text{ entra} + H_2O \text{ forma}$$

Es igual a los moles de hidrógeno que entran en la

El agua que entra se compone de la que entra con el aire y es igual a la humedad del aire que multiplica al peso del aire (29) dividido el peso del agua y todo esto multiplicado por el flujo de aire seco, y el que entra con la atomización el cual se calcula multiplicando el vapor de atomización por la masa de combustible y dividido por el peso del agua.

Humedad del aire
Vapor de atomización
Masa de combustible (Mc)

0.015	kg agua / kg aire seco
0.000	kg vapor / kg combustible
495.10	kg / h

H₂O entra **6.67** **kMol**

H₂O forma **23.02** **kMol**

H₂O sale **29.70** **kMol**

Comprobación del balance realizado

	Entra		Sale
Combustible	495.10 kg	CO₂	1423.19 kg
Agua	120.12 kg	CO	105.17 kg
Aire seco	8008.15 kg	O₂	347.84 kg
		N₂	6108.28 kg
		H₂O	534.52 kg

8623.37

8519.01

1.21

El error es menor que el 2% por lo que el balance se

Error del balance

4.- Cálculo del valor calórico inferior del combustible (VCI)

$$VCI = 9626,8 + 22,22 * (API - 10)$$

VCI=	9693.46 kcal / kg
VCI=	40576.97 kJ / kg

Evaluación termodinámica de los generadores de vapor. Método directo

$$Eb = (D * (h_v - h_i) / Mc * VCI) * 100$$

donde:

D Producción de vapor
h_v Entalpía del vapor de agua producido

h_i Entalpía del agua líquida alimentada

Mc Consumo de combustible

VCI Valor calórico inferior del combustible

Datos solo en las calderas

De todo el potencial energético del combustible solo se aprovecha el 75.48%

D=	8800.00	kg / h
hv=	2777.30	kJ / kg
hi=	125.75	kJ / kg
Mc	495.10	kg / h

Eb= 116.15 %

Cálculo de exceso de aire

Índice de exceso de aire= $21/(21-O_2)$

lea= 1.24

Exceso aire	24.26	%
-------------	-------	---

1.- Pérdidas del calor sensible de los gases de la combustión

Representa la fracción de energía que toman los gases para calentarse del calor liberado por el combustible en la combustión a la temperatura base del balance.

$\%Pcs = (SUMA ni * cpi * (Tch-25) / Mc * VCI) * 100$

Tch= 220 ° C

Componente	ni (Kmol)	cpi(kcal/kmol K)	Tch-25	Qi (kcal)
CO ₂	32.35	9.8028	195	61829
CO	3.76	7.0303	195	5149
O ₂	10.87	7.209	195	15281
N ₂	218.15	7.0045	195	297970
H ₂ O	29.70	8.1865	195	47405
SUMA				427635

%Pcs= 8.91 % pérdidas del calor sensible de los gases de la combustión

2.- Pérdidas por incombustión química (%Piq)

Estas pérdidas solo contiene la presencia de inquemados CO y H₂

$\%Piq = (n(CO) * VC \text{ del CO} / Mc * VCI) * 100$

VC del CO= 67636.1 kcal/kmol

%Piq= 5.29

3.- Pérdidas por incombustión mecánica o por presencia de hollín (%Pim)

%Pim= 0,4

4.- Pérdidas por radiación al medio exterior (%Pme)

$\%Pme = (100 / Dmax)^{0,5} * A$

Donde: Dmax es la capacidad nominal en T / h y A factor de capacidad que se evalua en la tabla siguiente:

A % de capacidad

Dmax 6.5 T / h

1.00	100%
1.28	75%
1.82	50%

%Pme= 5.02

5.- Pérdidas por purgas (% Pp)

No se realiza la purga continua por lo que no se calcula esta pérdida.

6.- Pérdidas por residuos (cenizas) (%Pres)

Para calderas de petróleo se considera despreciable

%Pres= 0,00

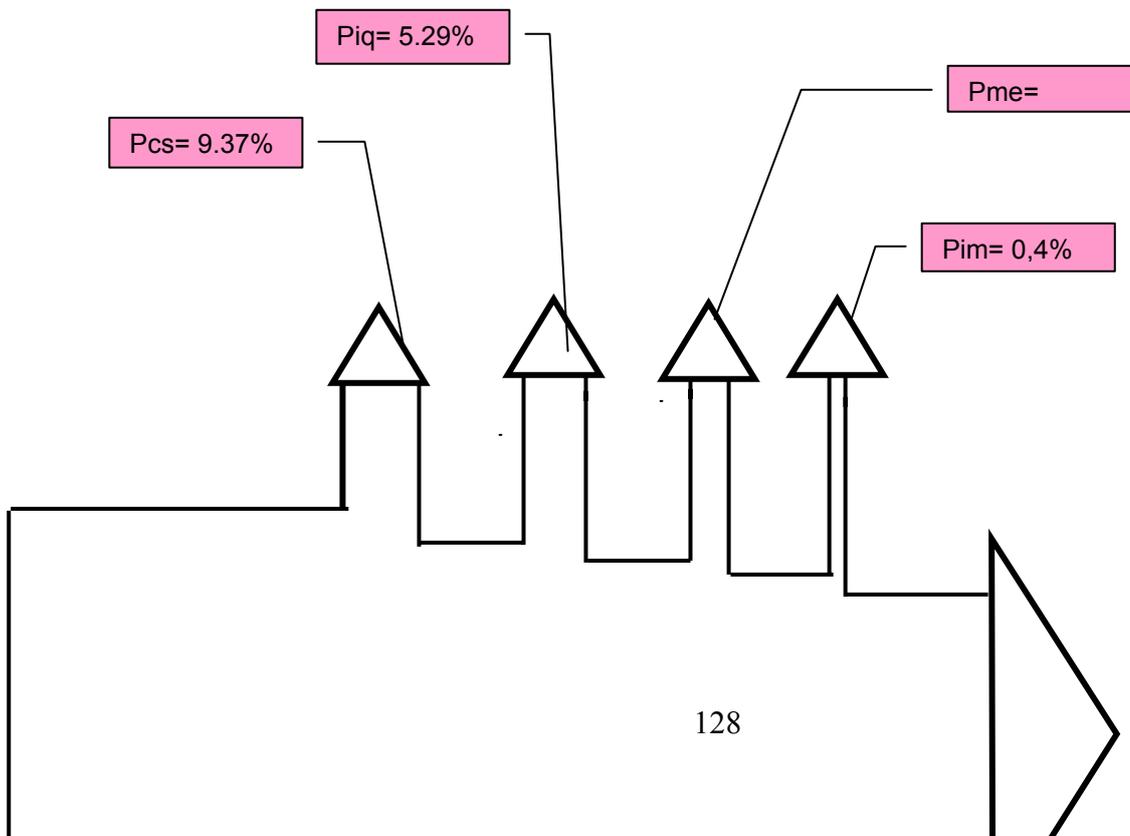
7.- Cálculo del rendimiento bruto

$$Eb= 100-(\%Pcs+\%Piq+\%Pim+\%Pme+\%Pp+\%Pres)$$

Eb= 80.38 %

8.- Diagrama Sankey

Pcs	8.91	%
Piq	5.29	%
Pim	0.4	%
Pme	5.02	%
	19.62	%



100%

80.38 %

(Mc*VCI)

4799262.23

Kcal/h

3857432.28

Balance exergético del Generador de vapor

Datos de entrada

Para las condiciones del medio (30 °C y 1 atm)

ho=	125.750	Kj/kg	To=	30	°C
so=	0.437	Kj/kg	To=	303	K
hi=	125.750	Kj/kg			
si=	0.437	Kj/kg			
hv=	2777.300	Kj/kg			
sv=	6.711	Kj/kg			

1.- Cálculo de la exergía del flujo de agua líquida, ef(1)

$$ef(1) = (h_i - h_o) - T_o * (s_i - s_o)$$

Como se está alimentando la caldera en las condiciones del medio

ef(1)= 0.00

2.- Cálculo de la exergía del flujo de vapor de agua ef(v)

$$ef(v) = (h_v - h_o) - T_o * (s_v - s_o)$$

ef(v)= 750.4977 kj/kg

3.- Cálculo de la exergía del flujo de calor, eq

$$eq = (1 - T_o/T) * Q$$

Donde

T 2173.000 K

Q 40576.9731 kJ/kg

Q= VCI

Temp. Foco caliente (temp. de la

eq= 34918.98 kJ / kg

4.-Cálculo del rendimiento exergético (Eex)

Eex=

$$(ef(v)*D / (((D + P) * ef(l)) + (Mc * eq))) * 100$$

Donde:

D: Producción de vapor 8800.00 kg / h

P: % de purga 0.00

Mc: masa de combustible

495.10

kg / h

Eex=

38.20

%

Anexo No. 17: Muestreo de biorremediación

Muestra código	Saturados	Aromáticos	Resinas	Asfáltenos
120	41 000	23 910	96 040	44 470
598	5 480	4 930	38 900	15 750
Remoción	87%	79%	59%	65%
Método de ensayo	Abboud 2000			

Anexo No. 18: Hojas de cálculos de indicadores económicos de las inversiones.

Cálculos de indicadores económicos (VAN, TIR y PRI)					
Datos de Entrada		Asistente		Tasa Mensual de Descuento	3,14%
			Año	Flujo de dinero	VPN
Medida:	1		0	-100000	(100.000,00)
			1	189	(\$99.869,66)
Descripción:	Planta de tratamiento de las aguas residuales de la planta de Aceites Básicos		2	189	(\$99.779,76)
			3	189	(\$99.717,77)
Inversión:	\$ 100.000,00		4	189	(\$99.675,01)
			5	189	(\$99.645,53)
Ahorro Anual:	\$ 189,00		6	189	189
			7	189	189
Tasa de Rentabilidad:	45% anual		8	189	189
			9	189	189
No. de Períodos:	10 años		10	189	189
Resultados					
Valor Presente Neto					(\$99.590,22)
Tasa Interna de Rendimiento		#¡DIV/0!	anual		
Relación Beneficio-Costo			\$0,00		
Período de Recuperación de Inversión		#¡NUM!	años		

Cálculos de indicadores económicos (VAN, TIR y PRI)

Datos de Entrada		Asistente	Tasa Mensual de Descuento		3,14%
			Año	Flujo de dinero	VPN
Medida:	1		0	-12000	(12.000,00)
			1	432	432 (111.702,07)
Descripción:	Funcionamiento eficaz de la torre de enfriamiento		2	432	432 (111.496,60)
			3	432	432 (111.354,90)
Inversión:	\$ 12.000,00		4	432	432 (111.257,17)
			5	432	432 (111.189,77)
Ahorro Anual:	\$ 432,00		6	432	432
			7	432	432
Tasa de Rentabilidad:	45% anual		8	432	432
			9	432	432
No. de Períodos:	10 años		10	432	432
Resultados					
Valor Presente Neto					(11.063,37)
Tasa Interna de Rendimiento		#¡NUM!	anual		
Relación Beneficio-Costo			\$0,08		
Período de Recuperación de Inversión		#¡NUM!	años		

Cálculos de indicadores económicos (VAN, TIR y PRI)

Datos de Entrada		Asistente	Tasa Mensual de Descuento		3,14%
			Año	Flujo de dinero	VPN
Medida:	1		0	-10000	(10.000,00)
			1	1000	1000 (9.310,34)
Descripción:	Creación de un área de biorremediación		2	1000	1000 (8.834,72)
			3	1000	1000 (8.506,70)
Inversión:	\$ 10.000,00		4	1000	1000 (8.280,49)
			5	1000	1000 (8.124,47)
Ahorro Anual:	\$ 1.000,00		6	1000	1000
			7	1000	1000
Tasa de Rentabilidad:	45% anual		8	1000	1000
			9	1000	1000
No. de Períodos:	10 años		10	1000	1000
Resultados					
Valor Presente Neto					(7.831,87)
Tasa Interna de Rendimiento			0,00%	anual	
Relación Beneficio-Costo			\$0,22		
Período de Recuperación de Inversión		#¡NUM!	años		

Cálculos de indicadores económicos (VAN, TIR y PRI)

Datos de Entrada		Asistente	Tasa Mensual de Descuento		3,14%
Medida:			Año	Flujo de dinero	VPN
	1		0	-110000	(110.000,00)
			1	4000	4000 (\$107.241,38)
Descripción:	Planta de tratamiento de residuales líquidos		2	4000	4000 (\$105.338,88)
			3	4000	4000 (\$104.026,82)
Inversión:	\$ 110.000,00		4	4000	4000 (\$103.121,94)
			5	4000	4000 (\$102.497,89)
Ahorro Anual:	\$ 4.000,00		6	4000	4000
			7	4000	4000
Tasa de Rentabilidad:	45% anual		8	4000	4000
			9	4000	4000
No. de Períodos:	10 años		10	4000	4000
Resultados					
Valor Presente Neto					(\$101.327,47)
Tasa Interna de Rendimiento					-15,14% anual
Relación Beneficio-Costo					\$0,08
Período de Recuperación de Inversión		#1NUM!	años		

Cálculos de indicadores económicos (VAN, TIR y PRI)

Cálculos de indicadores económicos (VAN, TIR y PRI)						
Datos de Entrada		Asistente	Tasa Mensual de Descuento			3,14%
			Año	Flujo de dinero		VPN
Medida:	1		0	-6000		(6.000,00)
			1	60000	60000	\$35.379,31
Descripción:	Recogida de residuales sólidos		2	60000	60000	\$63.916,77
			3	60000	60000	\$83.597,77
Inversión:	\$ 6.000,00		4	60000	60000	\$97.170,88
			5	60000	60000	\$106.531,64
Ahorro Anual:	\$ 60.000,00		6	60000	60000	
			7	60000	60000	
Tasa de Rentabilidad:	45%	anual	8	60000	60000	
			9	60000	60000	
No. de Períodos:	10	años	10	60000	60000	
Resultados						
Valor Presente Neto		\$124.088,00				
Tasa Interna de Rendimiento		1000,00%	anual			
Relación Beneficio-Costo		\$21,68				
Período de Recuperación de Inversión		0,12	años			

Anexo No. 19: Muestreo de los gases realizados por el CEINPET

Resultados promedios obtenidos de los contaminantes evaluados en las calderas

Fecha	PST mg/m ³	HC aromáticos mg/m ³	SO ₂ mg/m ³	NO _x mg/m ³	HC Totales % Vol
9/12/09	42.7	5.20	481	90	0.03
10/12/09	40.6	1.02	472	95	0.02
Norma ^(a)	50		500	460	

^(a) Emisiones de refinerías de petróleo. World Bank Group. 1999.

Resultados promedios obtenidos de los contaminantes evaluados en el horno F-101

Fecha	PST mg/m ³	HC aromáticos mg/m ³	SO ₂ mg/m ³	NO _x mg/m ³	HC Totales % Vol
7/12/09	43.6	4.60	493	94	0.02
8/12/09	41.4	2.03	482	97	0.01
Norma ^(a)	50		500	460	

^(a) Emisiones de refinerías de petróleo. World Bank Group. 1999.

Resultados promedios obtenidos de los contaminantes evaluados en el horno F-102

Fecha	PST mg/m ³	HC aromáticos mg/m ³	SO ₂ mg/m ³	NO _x mg/m ³	HC Totales % Vol
7/12/09	43.4	4.60	491	94	0.03
8/12/09	41.3	2.02	485	96	0.02
Norma ^(a)	50		500	460	

^(a) Emisiones de refinerías de petróleo. World Bank Group. 1999.

Anexo No. 20: Muestreo de gases del mezclador de gudrón.

Fecha	Cargas Kg/h
20/01/10	1.5
21/01/10	1.8