

Universidad de Matanzas
“Camilo Cienfuegos”
Facultad de Ingenierías
Departamento de Química e Ingeniería Química



Trabajo de Diploma

**“Evaluación de opciones de Producción
Más Limpia en el área de generación de
vapor de la Empresa Comercializadora de
Combustibles de Matanzas”.**

Autora: Heidy DelgadoAonso

Tutoras: Ing. Elina Pérez Moré

MSc. Damarys González Rodríguez

Matanzas, Junio, 2014

Página de Aceptación

Página de Aceptación

Nota de aceptación.

NOMBRE Y APELLIDOS.

FIRMA.

NOMBRE Y APELLIDOS.

FIRMA.

NOMBRE Y APELLIDOS.

FIRMA.

Declaración de Autoridad

Declaración de Autoridad.

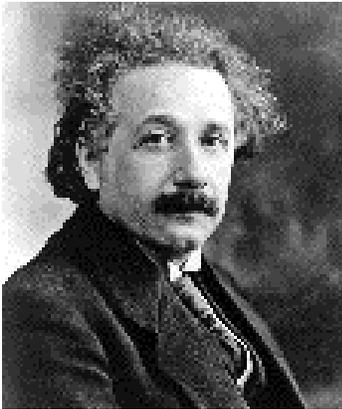
Yo, Heidy Delgado Alonso declaro ser la única autora de este trabajo de diploma que tiene por título: “*Evaluación de opciones de Producción Más Limpia en el área de generación de vapor de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas*”. y autorizo a la Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos y a la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas hacer uso del mismo con la finalidad que estime conveniente.

Firma

Pensamiento

Pensamiento

“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad.”



Albert Einstein

Dedicatota

Dedicatoria

Dedico este trabajo de Diploma a toda mi familia y en especial a mi mamá Mariela Delgado Alonso, a mi papá Jesús Fundora Santos y a mi novio Michael Yusniel López Infante.

Agradecimientos

Agradecimientos

Quisiera agradecer a todas las personas que de una forma u otra han hecho posible que se realice este trabajo de Diploma:

- ✓ A mi tutora Damaris González y su esposo por aguantar mis malcriadeces y brindarme todos sus conocimientos.
- ✓ A mi tutora Elina Pérez por brindarme su apoyo y sus conocimientos para la realización de este trabajo de diploma.
- ✓ A mi mamá Mariela Delgado Alonso por apoyarme siempre que lo necesité y a mi papá Jesús Fundora Santos por estar ahí para mí y ser el padre que es.
- ✓ A mis abuelos Regla Alonso, Simeón Martínez y Miguel Delgado por todo lo que hicieron por mi y cuidarme cuando más los necesité.
- ✓ A mis hermanos Eyglis, Jesús Javier por darme todo su cariño y mi hermana Suslay que a pesar de conocernos hace poco tiempo me ha brindado todo su apoyo.
- ✓ A mis primas y primos por todo lo que han hecho por mí todo este tiempo.
- ✓ A mis tíos Marlen, Osmel, Boris, Mariela, Doris, Rafael por estar a mi lado y a mis otros tíos Noelia e Iván que a pesar de estar lejos han estado presente de una forma u otra.
- ✓ A todas mis amistades por aguantar todas mis pesadeces y mis malas caras cuando algo salía mal.
- ✓ A toda la familia de mi novio por apoyarme y estar a mi lado aunque él no esté en Cuba.
- ✓ A Tony y Yusleydis por ser como una familia para mi y brindarme su apoyo incondicional.
- ✓ A todos los profesores que de una forma u otra tuvieron que ver con mi formación como ingeniero, y en la realización de este trabajo de diploma.
- ✓ A José y su mamá Marielena por ser buenos amigos.
- ✓ A Yoney, Ana Laura, Irina y Daymaris por ayudarme siempre que lo necesité.
- ✓ A Michael Y. por ser la persona más importante en esta etapa de mi vida, que si no fuera por él yo no sería la persona que soy hoy.

Introducción

Introducción

La actividad petrolera en Cuba es considerada una de las pocas ramas que están en proceso de expansión dentro de la economía cubana actual. Esta situación está avalada desde los inicios de los años noventa hasta la actualidad, por el ritmo significativo en sus resultados productivos, el impacto en la economía y especialmente por el ahorro energético y en divisas para el país.

Un reto importante para la economía nacional sería trabajar con un nivel de eficiencia considerable en el uso del petróleo nacional.

En la provincia de Matanzas se creó la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas (ECCM), con el objetivo de distribuir y comercializar el petróleo crudo nacional. Para este fin cuenta con oleoductos que son capaces de trasladar el combustible a los consumidores que lo requieran.

Para poder trasladar el crudo hacia los consumidores es necesario realizarle un calentamiento previo para disminuir su viscosidad hasta la requerida por los mismos. Esto se logra mediante un generador de vapor. El calentamiento que actualmente se le realiza al crudo se hace de forma dispersa en diferentes áreas de la Empresa en función de su destino final, encontrándose gran parte de los equipos y tubería destinados a ello en mal estado técnico y operacional.

Debido a los problemas existentes, se vierte a los suelos, el agua que se pierde en el condensado de recirculación proveniente de la caldera. Al desechar este condensado hay pérdidas de recursos financieros, inadecuada práctica técnica y medioambiental, por lo que se hace de vital importancia realizar un estudio para evaluar opciones de P+L que se deriven de la aplicación de la estrategia propuesta por la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI), 2006 con el fin de aprovechar este recurso y así hacer eco-eficiente a la Empresa.

El condensado además de contener energía térmica, es básicamente agua destilada, siendo ideal su uso como agua de alimentación a la caldera. Integrar más condensado al estanque de alimentación de la caldera reduce la necesidad de purgas y por lo tanto disminuye la pérdida de energía en estas.

Introducción

En los últimos años esta empresa le ha estado concediendo gran importancia a la Estrategia de Producción más Limpia, con el consecuente aprovechamiento de los recursos naturales y energéticos, estableciendo como regla principal, siempre que sea viable, la utilización de fuentes renovables de energía y de equipos, tecnologías y medidas técnicas y organizativas que estimulen la conservación y uso eficiente de la energía.

El diseño e implementación de las estrategias de P+L en las empresas de CUPET constituye una necesidad del desarrollo y una opción cada vez más atractiva y sostenible, que eliminar o mitigar la contaminación una vez que ésta se ha producido. Se ha demostrado que al aplicar medidas de P+L, las empresas mejoran su productividad, reducen los costos y las cargas contaminantes (Chales, *et.al*, 2010).

La industria cubana de petróleo y gas se encuentra en una etapa de desarrollo y de incremento significativo de los niveles de producción, que necesariamente conlleva aparejado incrementos de las operaciones tecnológicas y mejoramiento del desempeño ambiental de la misma, lo cual se logra en gran medida con la aplicación de opciones de P+L (Chales, *et.al*, 2010).

Es por ello que el problema científico que da lugar al presente trabajo investigativo es:

Problema:

¿Cómo disminuir las pérdidas de agua potable y condensado en el proceso de generación de vapor de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas.?

Para dar solución a dicho problema, se plantea la siguiente hipótesis:

Hipótesis:

Si se evalúan opciones de P+L, en el proceso de generación de vapor de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas se minimiza el consumo de agua potable y se evitan las pérdidas de condensado.

Introducción

Objetivo general: Evaluar opciones de Producción más Limpia en el proceso de generación de vapor de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas.

Objetivos específicos:

- Diagnosticar el funcionamiento del proceso de generación de vapor de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas.
- Aplicar la Metodología de Producción más Limpia en el área objeto de estudio.
- Proponer opciones de P+L en el proceso de generación de vapor.
- Evaluar económicamente las opciones de P+L propuestas.

Capítulo I: Análisis Bibliográfico

En el presente capítulo se abordan elementos teóricos que brindan una importante base de conocimientos científicos para el desarrollo de la investigación. Se enfoca en los principales aspectos de la industria del petróleo y así como la importancia de la aplicación de acciones de producción más limpia para un desarrollo industrial, amigable con el medio ambiente.

1.1 La industria petrolera

El petróleo es la energía primaria de mayor importancia a nivel mundial, desde el último tercio del siglo XIX. Prácticamente todas las actividades económicas se sustentan en el petróleo, de manera que alrededor del 40 % de las necesidades energéticas mundiales son cubiertas con esta fuente de energía no renovable.

El petróleo se forma bajo la superficie terrestre por la descomposición de organismos marinos, los restos de animales minúsculos que viven en el mar y, en menor medida, los de organismos terrestres arrastrados al mar por los ríos o los de plantas que crecen en los fondos marinos que se mezclan con las finas arenas y limos que caen al fondo en las cuencas marinas tranquilas. Estos depósitos, ricos en materiales orgánicos, se convierten en rocas generadoras de crudo. Los sedimentos se van haciendo más espesos y se hunden en el suelo marino bajo su propio peso. A medida que se van acumulando depósitos adicionales, la presión sobre los situados más abajo se multiplica por varios miles, y la temperatura aumenta en varios cientos de grados. El cieno y la arena se endurecen y se convierten en esquistos y arenisca; los carbonatos precipitados y los restos de caparzones se convierten en caliza, y los tejidos blandos de los organismos muertos se transforman en petróleo y gas natural. (Belani, 2010)

El petróleo crudo, es un líquido muy viscoso, en ocasiones es mezclado con nafta para disminuir su viscosidad, hasta la requerida por los diferentes consumidores. En la operación de traslado de crudo, es necesario un

calentamiento previo, para ello se utiliza el vapor proveniente del generador de vapor.

En el sector industrial, ha tomado un gran auge la implementación de tecnologías limpias, con el objetivo de mejorar el desempeño ambiental son diversas las acciones que se implementan para minimizar los impactos negativos que sobre el medio se ocasionan, entre estas se encuentra la aplicación de estrategias de Producción más Limpia (P+L), las que se aplican paulatinamente y con gran intencionalidad en las industrias petroleras.

1.2 Generalidades de la producción más limpia.

1.2.1 Antecedentes.

La estrategia de P+L tiene sus antecedentes en la contemporaneidad, cuando la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas en 1976, desarrollada en París, promueve la minimización de residuos y la prevención de la contaminación en la Conferencia Internacional sobre tecnologías sin residuos. En 1989 se introduce el concepto de P+L, por el programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el cual ha sido su principal divulgador. En 1998 el PNUMA lanza la Declaración Internacional de P+L firmada por un importante número de países, organizaciones empresariales e instituciones de todo el mundo y de del cual Cuba es también signataria. El objetivo de esta Declaración es asegurar el compromiso de los países de adoptar estrategias de P+L.

Con el de cursar de los años el concepto de P+L se ha ampliado y esto ha traído consigo que existan controversias sobre el tema y por lo tanto que los diferentes países emitan sus propios conceptos.

El Consejo Mundial Industrial para el Desarrollo Ecológicamente Sostenible de Suiza plantea que la P+L es la aplicación continua de estrategias de prevención de la contaminación integrales a procesos, productos y servicios para incrementar la eco-eficiencia y reducir el riesgo para los humanos y para el ambiente. (Colectivo de autores, 2009)

En el diccionario de términos ambientales que fue publicado en Cuba en el año 2000, la P+L no es más que la aplicación continua de estrategias ambientales

Capítulo I: Análisis Bibliográfico

preventivas integradas a los procesos, producciones y servicios para incrementar su eficiencia, lograr la sostenibilidad económica y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente. (Camacho-Ariosca, 2000, Red Nacional de P+L, 2003; PNUMA/IMA, 2003)

Según el Instituto Wupperthal de Alemania la P+L es el mejoramiento continuo de procesos industriales, productos y servicios para reducir el uso de recursos naturales, prevenir la contaminación desde la fuente generadora y reducir la generación de residuos, con la finalidad de minimizar el impacto en la población humana y en el ambiente. (DOAM, 2000)

La Agencia de los Estados Unidos para la Protección Ambiental plantea que la Prevención de la Contaminación significa “reducción en la fuente”, como se define dentro del Acta de Prevención de la Contaminación y otras prácticas que reducen o eliminan la creación de contaminantes a través del incremento de la eficiencia en el uso de materias primas, energía, agua y de otros recursos, protección de los recursos naturales a través de la conservación. (DOAM, 2000)

Del análisis de los diferentes conceptos adoptados por varias naciones, la autora señala que, en su gran mayoría hay concordancia en que la P+L es aplicable a procesos, productos y servicios, ya sea para mejorar el desempeño ambiental de las empresas a través de la prevención y minimización de la contaminación, para que la misma sea eco-eficiente, como para establecer una mejor utilización de materias primas, energía, agua y otros recursos. Por ende, el enfoque de la producción más limpia, trata de reducir de manera continua la generación de residuos y contaminantes en cada etapa del ciclo de vida.

Para lograr el desarrollo sustentable, es indispensable introducir cambios en la forma en que producen y consumen las sociedades. La sustentabilidad en la producción y el consumo se refiere al “uso de servicios y productos que responden a las necesidades básicas, mejoran la calidad de vida y, a la vez, minimizan el uso de recursos naturales y materiales tóxicos así como las emisiones de desechos y contaminantes durante el ciclo de vida del servicio o producto; para así no poner en peligro las necesidades de las generaciones

venideras”. (Agencia de Protección Ambiental Ministerio de Ambiente y Espacio Público. 2008)

Los sistemas tradicionales de producción y generación de riqueza en combinación con derroches, llevaron a comprometer la disponibilidad de los recursos no renovables y a una elevada tasa de generación de desechos. El consumo ha seguido esa misma senda.

No resulta adecuado, concebir el desarrollo productivo sin considerar los impactos ambientales y sociales resultantes. Tampoco lo es, sin contemplar la equidad y responsabilidad en el consumo.

El desarrollo que une las dimensiones ambientales, sociales y económicas en un único concepto es el sostenible. Esas dimensiones, han de estar en sintonía entre la producción y el consumo, ambas generadoras de trabajo, inclusión social y bienestar general. (Rojas, J.P, 2011)

Los métodos de tratamientos “al final del proceso” se concentran en qué hacer con los residuos una vez que han sido creados, a diferencia de la P+L donde las técnicas de prevención de la contaminación pueden aplicarse a cualquier proceso de manufactura y abarcan desde cambios operacionales relativamente fáciles de ejecutar, hasta cambios más extensos, como la sustitución de insumos tóxicos o el uso de tecnologías más limpias y eficientes.

1.2.2 Clasificación de las distintas opciones de P+L:

Según Hernández. M, 2013 las opciones de P+L se pueden clasificar en: Buenas Prácticas Operativas, sustitución de materiales, cambios tecnológicos, reciclaje interno, rediseño de productos, reciclaje externo.

1- Buenas Prácticas Operativas

Conjunto ordenado de propuestas eco-eficientes que no representan un gran esfuerzo para la empresa, sencillas y de pequeñas inversiones, que no implican cambios en los procesos ni en el sistema de gestión y si mejora su desempeño ambiental.

2- Sustitución de Materiales

Los cambios en las entradas de los materiales favorecen la minimización o eliminando los materiales peligrosos que entran en el proceso de producción.

Así mismo, los cambios en la entrada de materiales ayudan a evitar la generación de residuos peligrosos dentro de los procesos de producción. Estos cambios incluyen purificación de los materiales y sustitución de los mismos.

3- Cambios Tecnológicos

Modificación del proceso y del equipo para reducir los residuos, prioritariamente en el ciclo de producción. Estos cambios incluyen cambios en el proceso de producción, cambios de equipos, flujo de materiales o tuberías de conducción, uso de automatización y cambios en las condiciones de operación de los procesos.

4- Reciclaje Interno

La reutilización dentro de una actividad productiva se puede realizar a partir de tres acciones fundamentales:

- ✓ Volver a introducir un material dentro de la línea de flujo a la que pertenece.
- ✓ Volver a utilizar un material, dentro del mismo proceso productivo, pero no dentro de la misma línea de flujo.
- ✓ Utilizar el material no dentro de la misma actividad industrial, sino como insumo o materia prima para otra actividad industrial.

5- Rediseño del Producto

Los cambios de producto se realizan con la intención de reducir los residuos que resultan del uso del mismo. Puede incluir sustitución del producto, mejoramiento de la conservación del producto y cambios en la constitución del producto.

6- Reciclaje externo

Es la recuperación de material valioso y su reintegración dentro del ciclo económico que puede servir de materia prima en otra empresa. Ejemplos de estos materiales son: papel, cartón, plástico, vidrio, aluminio.

1.2.3 Aplicación de estrategias de P+L.

La P+L es la aplicación de estrategias integrales de protección ambiental para procesos, productos y los servicios, de tal forma que reduzca los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente. (Centro Nacional de Producción Más

Capítulo I: Análisis Bibliográfico

Limpia, 2009) y concentra la atención en los procesos, los productos y los servicios y la eficiencia en el uso de las materias primas e insumos, con el objetivo de promover mejoras que permitan reducir o eliminar los residuos antes que se generen a diferentes niveles como se muestra en la figura 1.1.

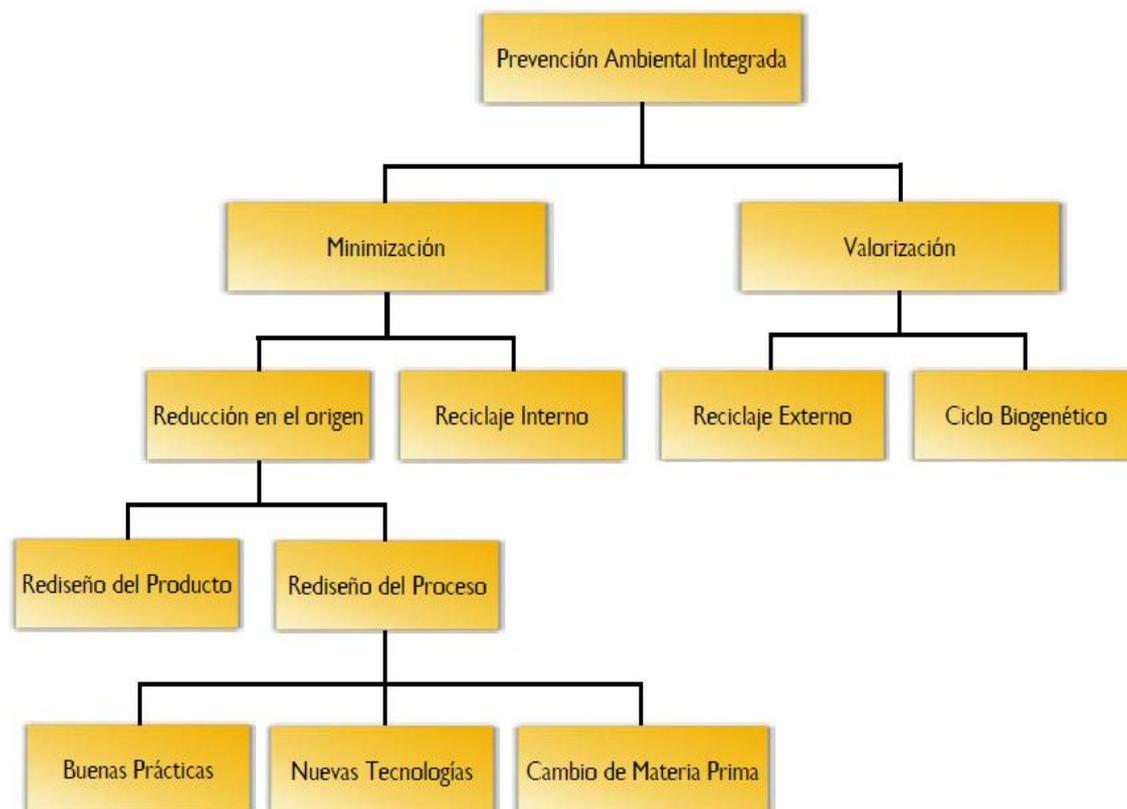


Figura 1.1 Niveles de aplicación de la P+L

Fuente: Equipo técnico del Centro de Producción más Limpia de Nicaragua. 2013. Manual de Buenas Prácticas Operativas de Producción más Limpia para la Industria Láctea.

Estas estrategias de P+L pueden aplicarse a cualquier proceso de producción y contempla desde simples cambios en los procedimientos operacionales de fácil e inmediata ejecución, hasta cambios mayores, que impliquen la sustitución de materias primas, insumos o líneas de producción por otras más limpias y eficientes. (Serrano, *et.al*, 2006)

Según Rojas, J.P, 2011, las técnicas de P+L se pueden implementar de las siguientes formas:

- ✓ Procesos de producción: La P+L elimina las materias primas tóxicas, reduce las emisiones en cantidad y en su toxicidad, conserva la materia prima, agua y la energía y los desperdicios antes de su salida del proceso.
- ✓ Productos: Esta estrategia se enfoca a la reducción de impactos a través del ciclo de vida del producto, desde su extracción hasta su disposición final.
- ✓ Servicios: Incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

Las técnicas comúnmente empleadas en la P+L se resumen en: mejoras en el proceso, buenas prácticas operativas, mantenimiento de equipos, reutilización y reciclaje, cambios en la materia prima y cambios de tecnología. (Serrano, *et.al*, 2006)

1.2.4 Beneficios de la aplicación de la P+L.

La aplicación de acciones de P+L resulta de gran importancia no solo para la preservación y cuidado del medio ambiente si no que trae consigo también beneficios sociales y económicos entre los que se destacan los enunciados por Nadour. E, 2012.

Beneficios Financieros:

- ✓ Reducción de costos por optimización del uso de las materias primas e insumos en general.
- ✓ Ahorro por medio uso de los recursos (agua, energía, etc.).
- ✓ Reducción en los niveles de inversiones asociados a tratamientos y/o disposición final de residuos.
- ✓ Aumento en las ganancias.

Beneficios Operacionales:

- ✓ Aumento de la eficiencia de los procesos.
- ✓ Mejora de las condiciones de seguridad y salud ocupacional.
- ✓ Mejora en las relaciones con la comunidad y la autoridad de aplicación ambiental.

- ✓ Reducción de la generación de residuos.
- ✓ Aumento de la motivación del personal.

Beneficios Comerciales

- ✓ Mejora el posicionamiento de los productos que se venden en el mercado.
- ✓ Mejora la imagen corporativa de la empresa.
- ✓ Facilita el acceso a nuevos mercados.
- ✓ Aumenta las ventas y el margen de ganancias.

Atendiendo a lo anterior la autora considera de vital importancia la implementación de acciones de P+L en el cumplimiento de los lineamientos políticos y económicos de la Revolución cubana en especial lo descrito en el lineamiento 133, referente a la Política de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente se encuentra: enfatizar la conservación y uso racional de recursos naturales como los suelos, el agua, las playas, la atmósfera, los bosques y la biodiversidad, así como el fomento de la educación ambiental.

1.3 Factores a considerar en la Implementación de las prácticas de P+L en Cuba.

La aplicación de la P+L en Cuba tiene sus propias estrategias y principios, los que se fundamentan en el desarrollo científico metodológico de la presente investigación y se basan en mejoramiento de la gestión de producción que no es más que la toma de medidas internas que no provoca cambios en los procedimientos de fabricación.

Según Caraballo, 2006 estas medidas internas pueden ser:

1. **Uso eficiente del agua:** Para consumir menos agua es necesario cerrar los sistemas, recircular las aguas de proceso en los casos en que sea posible, realizar la recogida en seco de desperdicios y garantizar el buen estado de los sistemas de conducción y los depósitos de almacenamiento.
2. **Separación y tratamiento independiente de los residuales:** Implica la separación en la fuente de los diversos residuales generados en la instalación, para permitir su manejo diferenciado de acuerdo a su

peligrosidad, grado de contaminación y posibilidades de tratamiento y aprovechamiento, reduciendo de esta manera los volúmenes y costos de manejo.

3. **Mantenimiento preventivo y correctivo:** Consiste en inspecciones regulares, limpiezas, pruebas, y sustitución de partes gastadas o descompuestas, a fin de limitar las posibilidades de fugas o derrames debido al mal funcionamiento y las fallas de equipos y accesorios, o en la solución inmediata cuando éstos se produzcan, evitando que las sustancias tóxicas lleguen a los sistemas de alcantarillado y tratamiento, o se produzcan contaminaciones cruzadas.
4. **Reciclaje o reuso de residuales:** Las medidas internas son también un factor de gran importancia para el posible reuso o aprovechamiento de residuales sin afectar al ambiente, la calidad del producto o el proceso receptor de los mismos.
5. **Aprovechamiento económico de residuales:** Debe constituir la línea prioritaria de trabajo en la introducción de prácticas de P+L en nuestro país.
6. **Controles de salida:** Aunque la tendencia actual es diseñar los procesos productivos y las tecnologías previniendo la producción de residuales en la fuente, no se puede prescindir de la utilización de sistemas de tratamiento de las emisiones contaminantes a la salida de los procesos productivos, que remuevan contaminantes seleccionados y garanticen el cumplimiento de los parámetros de vertimiento o reuso. Estos sistemas reducen la contaminación cuando su funcionamiento es adecuado, pero son soluciones costosas para la sociedad y la industria, que pueden generar problemas. (Serrano, *et.al*, 2006)

1.3.1 Metodología para la implementación de las prácticas de P+L en Cuba.

Existen diversas metodologías de P+L entre las que destacan la integrada por tres etapas DOAM, 2000 y la propuesta por ONUDI, 2006 compuesta por cinco fases.

Capítulo I: Análisis Bibliográfico

La metodología de P+L desarrollada ONUDI está integrada por:

Fase I: Planeación y organización.

- ✓ Involucrar y obtener el compromiso de la dirección.
- ✓ Establecer el equipo conductor del proceso.
- ✓ Definición de objetivos parciales y finales (metas de P+L).

Fase II: Evaluación previa.

- ✓ Desarrollo del diagrama de flujo del proceso.
- ✓ Identificación de las entradas y salidas de materias primas y auxiliares, incluyendo agua y energía; y su posición en el diagrama de procesos.

Fase III: Evaluación.

- ✓ Completar los balances de materia y energía.
- ✓ Investigar el potencial de segregación de las corrientes.
- ✓ Evaluar las causas.

Fase IV: Estudios de factibilidad.

En esta etapa se efectuará una evaluación económica con la finalidad de determinar si las opciones a implantar son adecuadas ofreciéndole ganancias a la empresa.

Además se realiza una evaluación ambiental destinada a cuantificar el grado de reducción en la generación de emisiones, residuos, consumo de energéticos, consumo de materia prima, entre otras.

Fase V: Implantación.

La implantación de las opciones de P+L exige de un plan de aplicación de las P+L el cual presenta los resultados de cada etapa y proyecta un plan de acción para alcanzar las mejoras identificadas en la empresa.

Mientras que la metodología de Producción más Limpia DOAM, 2000 está integrada por tres etapas:

Etapa I: Planeación y organización.

- ✓ Obtención del compromiso de la dirección de la empresa o institución; sirve como una fuerza impulsora para el proyecto, e implica la disposición de recursos para lograr el objetivo del proyecto.
- ✓ Establecer el equipo ejecutor del proyecto.

Capítulo I: Análisis Bibliográfico

- ✓ Realizar el diagnóstico ambiental de la empresa

Etapa II: Estudio y Evaluación del Proceso.

- ✓ Recorrido de identificación de todos los problemas ambientales.
- ✓ Desarrollo del diagrama de flujo del proceso.
- ✓ Balances de Materia y Energía.
- ✓ Consideraciones económicas o valoración económica.

Etapa III: Síntesis y valoración de alternativas.

- ✓ Identificación de todas soluciones (alternativas) para los problemas ambientales.
- ✓ Análisis de alternativas generadas.
- ✓ Valoración económica de propuesta.
- ✓ Plan de acción o implementación de propuesta.
- ✓ Presentación del informe a la entidad.

Atendiendo a las metodologías explicadas con anterioridad la que más se utiliza en la industria petrolera es la propuesta por ONUDI, 2006, pues esta es más integradora y abarca diferentes aspectos que son de interés para la industria. Es considerado por la autora que ambas metodologías deben especificar la mejora continua como parte de la estrategia para cerrar el ciclo.

1.4 Producción más Limpia y agua en la industria y los servicios.

Nuestro planeta está constituido por un 70 % de agua, la cual está distribuida en océanos, lagos, ríos y casquetes polares. De este por ciento de agua existente en el planeta solo un 0,35 % se puede utilizar para el consumo humano, ya que el resto pertenece a los océanos.

Actualmente en el mundo existen grandes problemas con la obtención de agua fresca y estos han sido reconocidos como las amenazas más serias e inmediatas para la humanidad. Mientras que en algunos lugares se puede obtener con facilidad agua limpia y fresca, en otros es un recurso difícil de obtener, debido a su escasez o a la contaminación de sus fuentes. Aproximadamente el 18 % de la población mundial, no tiene acceso a fuentes seguras de agua potable, y más de 2 400 millones de personas carecen del saneamiento adecuado. La sobreexplotación del agua en la agricultura, la

industria y su uso doméstico, así como la contaminación y el impacto directo que sobre ella tiene el calentamiento global, incrementan el llamado estrés hídrico, dado por la falta de disponibilidad del líquido. (Serrano, *et.al*, 2006)

Según una nota informativa del Periódico Vanguardia, agosto 2011, en Cuba el suministro de agua no ha contado con ningún método efectivo que permita sobre todo, no agotar las reservas potenciales de nuestras fuentes y hacer racional y eficaz su uso de medios técnicos, recursos materiales y humanos, que hacen posible el suministro de agua mediante acueductos. Esta situación es preocupante si se tiene en cuenta que en los últimos años el nivel de lluvias ha disminuido, se han reducido los niveles del manto freático y se corre el riesgo de la salinización de nuestras aguas debido a que somos una isla rodeada de océanos.

1.5 Implementación de estrategias de Producción Más Limpia (P+L) en la industria del petróleo en Cuba.

El estudio de la aplicación del concepto de P+L en las Empresas de la Unión Cuba Petróleo (CUPET), abarca de forma integral el proceso productivo, el cumplimiento de las normas operacionales, la calidad y potencialidad de la materia prima, el balance de masa y de energía para la identificación general de pérdidas (productos, energía, vapor, agua). Además, el tratamiento y la calidad del agua tratada para la producción de vapor, la incidencia de ésta en la estabilidad de la explotación de las calderas, así como la calidad del agua residual y del aire ambiente.

El diseño e implementación de las estrategias de P+L en las empresas de CUPET constituye una necesidad del desarrollo, una opción más interesante y sostenible que eliminar o mitigar la contaminación una vez producida. Se ha demostrado que al aplicar medidas de P+L, las empresas mejoran su productividad, reducen los costos y las cargas contaminantes.

La industria cubana de petróleo y gas se encuentra en una etapa de desarrollo y de incremento significativo de los niveles de producción, que necesariamente conlleva aparejado incrementos de las operaciones tecnológicas y de la

necesidad de implementar prácticas e introducir opciones, medidas y tecnologías de P+L. (Chales, *et.al*, 2010)

En la provincia de Matanzas se crea la Empresa del Petróleo de Matanzas que inicialmente tuvo el nombre de Empresa Distribuidora de Derivados del Petróleo de Matanzas desde el 13 de diciembre de 1976 a través de la Resolución 76-58 del Ministro de la Industria Química. Posteriormente, la Resolución 70 de 2 de julio 1992 del propio Ministerio de la Industria Básica autorizó el cambio de nombre llamándose Empresa Comercializadora de Combustible Matanzas (ECCM).

1.5.1 Objetivos principales de la ECCM.

El objetivo de la Empresa es recepcionar, almacenar y distribuir los productos propiedad de la Unión Cuba Petróleo.

Además se brindan una gama de servicios a las entidades de la Unión CUPET entre los que se pueden mencionar:

- ✓ Servicios de almacenamiento y de manipulación, transportación, distribución de combustible y de lubricantes.
- ✓ Servicios de certificación de capacidades para equipos automotores de carga y/o transporte de productos de combustibles.
- ✓ Servicios de suministro de combustibles, deslastre, suministros de agua y limpieza de buques en muelle propio, se realizan operaciones de carga y descarga de buques tanques de combustibles.
- ✓ Servicios de recogida de derrames y contaminación por combustible.

La Empresa organiza sus procesos de producción de bienes y servicios para la satisfacción de las necesidades de la sociedad y de sus clientes, sobre la base de ofrecer productos y servicios que cumplan los requisitos establecidos, en la cantidad solicitada, en el momento adecuado, con el menor costo y la mayor eficacia.

Para lograr cumplir su objetivo la ECCM engrana una serie de procesos entre los que se destaca un sistema de generación y distribución de vapor, el cual resulta de gran utilidad para el almacenamiento, recepción y entrega del crudo nacional.

1.6 Sistema de generación y distribución de vapor.

Es importante prestarles atención a los sistemas de generación de vapor en las industrias, la mayor parte de las mejoras están en la operación y mantenimiento del sistema de distribución y consumo. En estas áreas normalmente se tienen fugas y equipos funcionando de forma inadecuada, donde la aplicación de la P+L asegura que este vapor sea eficientemente utilizado. (Serrano, *et.al*, 2006)

En la actualidad los sistemas de generación y distribución de vapor tienen diferentes aplicaciones, como la generación de energía mecánica y eléctrica, como agente de calentamiento en servicios comerciales e industriales y como materia prima en determinados procesos que lo necesiten, entre otros. (Valverde, 2005)

De los disímiles usos del vapor la forma más general de su utilización es como fuente de calor o en la generación de potencia mecánica. En las plantas térmicas el vapor se expande en una turbina, su energía es transformada en potencia mecánica, y esta a su vez en potencia eléctrica. En los procesos industriales el vapor es utilizado como fuente de calor en múltiples aplicaciones. (Barajas, 2005)

En un sistema de generación de vapor el elemento central lo constituye el generador de vapor o caldera de vapor, el cual tiene la función de transferir su energía en forma de calor al agua, producto de la combustión de la sustancia combustible para que esta se convierta en vapor. (Vela, 2005)

El generador de vapor está constituido por un conjunto de superficies de calentamiento y equipos, integrados en un esquema tecnológico para generar y entregar vapor. El objetivo principal de la generación de vapor es producir este a una presión mayor a la atmosférica, de manera de aprovechar la energía que posee en tales condiciones y cubrir las necesidades de la fábrica. El calor necesario para evaporar el agua proviene de la energía liberada en el proceso de oxidación de un combustible. Dicha liberación de energía se manifiesta en forma de calor (calor de combustión) y se transfiere al agua por mecanismos de radiación, convección y conducción. (Golato, 2008)

Hoy en día las calderas constituyen un elemento esencial en el funcionamiento

de prácticamente todas las empresas industriales al proporcionar la potencia o el calor necesario para el proceso, dependiendo sus resultados productivos y económicos en gran medida de la confiabilidad, seguridad y eficiencia con que operen las calderas. (Borroto, 2007)

1.6.1. Componentes de los sistemas de vapor y condensados. Pérdidas en estos sistemas.

Los principales componentes de los sistemas de vapor y condensados son:

- ✓ Caldera o generador de vapor.
- ✓ Líneas de transferencia de vapor.
- ✓ Trampas de vapor.

Las pérdidas en estos sistemas están normalmente asociadas a las siguientes áreas:

- ✓ Pérdidas de vapor.
- ✓ Pérdidas de calor a través del aislamiento térmico.
- ✓ Pérdidas de condensado.
- ✓ Pérdidas de vapor flash.

Estas áreas son importantes para que la eficiencia energética del sistema de vapor y las oportunidades de ahorro de energía y reducción de costos en ella sean generalmente económicas. (Equipo técnico del centro de producción más limpia de Nicaragua, 2009)

1.6.2. Dimensionado de las tuberías de vapor.

Para el transporte de la cantidad de vapor requerido a la presión requerida debe seleccionarse el diámetro correcto de la tubería. Si la tubería seleccionada presenta un diámetro pequeño habrá una caída de presión muy grande y a su vez aumentará la velocidad del vapor, resultando una falta de presión en el generador de vapor. Si el diámetro de la tubería es demasiado grande, la instalación será innecesariamente cara y las pérdidas de calor en las tuberías serán mayores a lo que deberían ser. Las tuberías de vapor deben dimensionarse de manera que tanto la caída de presión como la velocidad a lo largo de ellas, esté dentro de unos límites aceptables. (Pinelo, 2006)

1.6.3. Métodos para el ahorro de energía en la generación de vapor.

Según Osorio, 2007 los principales métodos para el incremento de la eficiencia energética y el ahorro de energía en los sistemas de generación de vapor son los siguientes:

- ✓ Selección adecuada de la capacidad de las calderas.
- ✓ Administración de las cargas en calderas que operan en paralelo.
- ✓ Reducción del número de calderas en operación.
- ✓ Almacenamiento y preparación adecuada del combustible.
- ✓ Secado del combustible (para combustibles sólidos de alta humedad).
- ✓ Manejo adecuado de la viscosidad del combustible (líquido).
- ✓ Ajuste de la combustión (optimización de la relación aire/combustible).
- ✓ Uso de aditivos en combustibles.
- ✓ Empleo de emulsiones agua - combustible.
- ✓ Uso de quemadores de bajo exceso de aire.
- ✓ Reducción del régimen de purgas, manteniendo normas de régimen químico.
- ✓ Control automático de las purgas.
- ✓ Recuperadores de calor de gases de salida. Economizadores y calentadores de aire.
- ✓ Recuperación de calor de las purgas.
- ✓ Recuperación de condensados en los procesos de intercambio.
- ✓ Reducción de la presión de vapor en sistemas de calentamiento.
- ✓ Uso de controles automáticos de combustión y tiro.
- ✓ Reducción de infiltraciones de aire (en calderas con tiro balanceado).
- ✓ Mejorar el aislamiento térmico.
- ✓ Mantenimiento sistemático de quemadores.
- ✓ Limpieza adecuada del horno (para combustibles sólidos).
- ✓ Limpieza adecuada de las superficies de calentamiento durante la operación.
- ✓ Optimización del período y tiempo del soplado.
- ✓ Capacitación del personal técnico y de operación.
- ✓ Realizar pruebas de eficiencia periódicamente.

1.7. Recuperación de condensados.

Como resultado de la reducción de la temperatura causada por la eliminación del calor latente de evaporación existe el condensado, el cual es producto de la transferencia de calor en un sistema de generación de vapor. Se forma en el sistema de distribución de vapor debido a la inevitable existencia de radiación. (Bloom, 2003)

En los últimos años el sistema de condensado se ha transformado mediante la conciencia energética y la percepción medioambiental. En la actualidad este se ha convertido en un recurso muy valioso de la distribución de vapor, debido que el cierre del circuito de calentador/vapor/condensado mediante la recuperación del condensado caliente permite aprovechar las valiosas unidades térmicas que de otra forma se perderían. De todas las opciones para ahorrar energía en un sistema de suministro de vapor, la recuperación del condensado es la opción principal. Esta permite aprovechar toda la energía valiosa en el sistema de vapor. Según sea la presión, el condensado que sale de un purgador contiene aproximadamente el 20 % de la energía de calor transferida a la caldera en forma de calor sensible. (Ministerio de energía y Minas, 2004)

Los sistemas de recuperación del condensado ayudan a reducir tres costos tangibles de la producción de vapor:

- ✓ Costos de combustible y energía.
- ✓ Recuperación del agua de la caldera y tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Tratamiento químico del agua de la caldera.

El desechar o botar este condensado es pérdida de recursos financieros, mala práctica técnica y medioambiental. Una de las acciones principales para mejorar la eficiencia energética, es aprovechar la energía contenida en el condensado, haciéndolo retornar al sistema de la caldera. El condensado además de contener energía térmica, es básicamente agua destilada, siendo ideal su uso como agua de alimentación a la caldera. Integrar más condensado al estanque de alimentación de la caldera reduce la necesidad de purgas y por lo tanto disminuye la pérdida de energía en las calderas. (Ovando, 2007)

El sistema de recuperación de condensado debe permitir el monitoreo y la no

recuperación del condensado contaminado en los equipos de proceso, para evitar la alteración del régimen químico del agua en las calderas y los daños asociados a ello. La conductividad y el pH, entre otros parámetros son utilizados al efecto. (CONAE, 2004)

El aprovechamiento del condensado caliente es todavía más interesante en plantas modernas que no tienen economizador, puesto que cuanto más próxima de la temperatura de vaporización esté el agua de alimentación, menos calor debe aportarse en la caldera para la producción de vapor. De hecho, aproximadamente por cada 6 °C de aumento en la temperatura del agua de alimentación se puede pensar en ahorrar 1 % de combustible de la caldera. Hay algunas excepciones, en general asociadas a emplazamientos de gran extensión, donde debido a los costos de instalación o a la imposibilidad de recuperar calor útil, el condensado no es devuelto a la sala de calderas. Si esta actitud es justificada o no, depende de cada caso, pero siempre se puede sacar partido de la recuperación del condensado. (Espinoza, 2005)

Una razón para no devolver el condensado a la sala de calderas puede ser la posibilidad de que esté contaminado. Como alternativa, el calor puede ser recuperado pasando el condensado por un intercambiador de calor. En este caso el valor del calor recuperado casi siempre compensa el costo del intercambiador. Algunas veces, como sucede en las refinerías, donde hay posibilidad de contaminación por hidrocarburos, el condensado pasa por un detector que puede dar la alarma adecuada. Este tipo de instrumentación es caro y solo se justifica si se recuperan grandes cantidades condensados procedentes de diversos puntos considerados fuentes de posible contaminación. (Marín, 2009)

1.7.1. Sistemas de retorno de condensados.

Un sistema efectivo de retorno de condensados es necesario para transportar el condensado desde los equipos que utilizan el vapor hasta la caldera. El condensado ya ha sido tratado para su uso en una caldera, y además contiene calor útil. Este aprovechamiento disminuye la cantidad de calor que la caldera deberá aportar para convertirlo de nuevo en vapor. Los sistemas de retorno de

condensados se pueden dividir en tres categorías principales (Palacios, 2007):

- ✓ Líneas de purga a los purgadores.
- ✓ Líneas de descarga sin bombeado desde los purgadores.
- ✓ Líneas de retorno bombeadas.

1.8 Conclusiones Parciales.

1. Con la aplicación de la P+L se facilita el trabajo de minimización de la contaminación del medio ambiente, aumenta la calidad en los productos terminados y mejora la eficiencia de las empresas.
2. Existen grandes posibilidades de ahorrar recursos y disminuir los impactos desfavorables al medio ambiente desarrollando y poniendo en práctica una serie de metodologías que se han creado para este fin.
3. Con el desarrollo de la industria cubana de petróleo y gas y el incremento significativo de los niveles de producción, se hace necesario implementar prácticas e introducir opciones, medidas y tecnologías de P+L que hagan de la empresa una entidad más eficiente con los incrementos de las operaciones tecnológicas.

Capítulo II: Materiales y Métodos

En el presente capítulo se desarrolla toda la metodología a seguir para la implementación de opciones de Producción más Limpia en el sistema de generación de vapor de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas (ECCM)

2.1 Metodología para identificar los focos que generen opciones de Producción más Limpia (P+L).

Para identificar los focos que generan opciones de P+L se utiliza la metodología de P+L desarrollada por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) está integrada por 5 fases y cada una de ellas contempla varias actividades.

- ✓ Fase I: Planeación y organización.
- ✓ Fase II: Evaluación previa.
- ✓ Fase III: Evaluación.
- ✓ Fase IV: Estudios de factibilidad.
- ✓ Fase V: Implantación.

2.1.1 Fase I: Planeación y organización.

Los objetivos fundamentales que corresponden a esta etapa son:

- ✓ Involucrar y obtener el compromiso de la dirección.
- ✓ Establecer el equipo conductor del proceso.
- ✓ Definición de objetivos parciales y finales (metas de P+L)

Los objetivos pueden ser definidos en términos cualitativos, pero siempre que sea posible es preferible cuantificarlos. De igual forma es importante llevar a cabo revisiones periódicas de los objetivos, de acuerdo con los resultados que se vayan obteniendo. Algunos criterios a considerar en la formulación de los objetivos o metas son:

Capítulo II: Materiales y Métodos

- ✓ Efectos en la salud.
- ✓ Metodología de disposición final de residuos.
- ✓ Incremento en la productividad.
- ✓ Emisiones contaminantes al aire, agua y/o suelo.
- ✓ Costo por confinamiento de residuos y/o emisiones.
- ✓ Condiciones de operación y proceso.
- ✓ Costos por consumos de materias primas y energéticas.

Identificar barreras y soluciones.

Las principales barreras que pueden encontrarse son las siguientes:

- ✓ Actitud pesimista del personal y de la dirección.
- ✓ Falta de comunicación interdepartamental.
- ✓ Problemas económicos.
- ✓ Carencia de información tecnológica.

Algunas actividades recomendadas para superar las barreras son:

- ✓ Sensibilización de los beneficios económicos y ambientales.
- ✓ Presentación de estudios de caso de proyectos anteriores y los éxitos conseguidos con ellos.
- ✓ Recopilación de innovaciones tecnológicas de otras empresas del mismo sector.
- ✓ Presentación de resultados de evaluaciones económicas y ambientales de las actuales condiciones de producción en la empresa.

2.1.2 Fase II: Evaluación previa.

En esta etapa se realizará una inspección visual en las diferentes líneas de producción, con el único propósito de concretar las condiciones de operación, mantenimiento y limpieza de las instalaciones y de esta forma especificar donde evaluar las opciones de P+L. Los objetivos fundamentales para llevar a cabo esta etapa son:

- ✓ Desarrollo del diagrama de flujo del proceso.
- ✓ Identificación de las entradas y salidas de materias primas y auxiliares, incluyendo agua y energía; y su posición en el diagrama de procesos.

Capítulo II: Materiales y Métodos

Se han de identificar todas las entradas de materias primas y auxiliares, incluyendo agua y energía, y su posición en el diagrama de proceso.

- ✓ Identificación de los destinos finales.
- ✓ Determinación de los niveles iniciales de recirculación interna, de reciclado y de reutilización.
- ✓ Realización de una inspección visual sobre el terreno.

2.1.3 Fase III: Evaluación.

Esta fase es donde se lleva a cabo la metodología para el desarrollo de las opciones de P+L y para ello se hace necesario seguir los siguientes aspectos que se deben tener en cuenta para la elaboración de esta etapa.

- ✓ Completar los balances de materia y energía.

Los balances de materia y energía sirven para estimar los costos de operación del proceso o bien determinar las entradas y salidas no cuantificadas.

- ✓ Investigar el potencial de segregación de las corrientes.
- ✓ Evaluar las causas

Una vez elaborado el balance de materia y energía, este debe de ser utilizado como la herramienta básica para proporcionar las respuestas necesarias del ¿Por qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo? y ¿Cuánto? se generan dichas emisiones y residuos o de cualquier otra situación de interés para el equipo.

Con esta base pueden ser determinadas que variantes hay que cambiar y/o modificar para lograr una adecuada actividad productiva. Estas variantes pueden deberse a diversos factores tales como:

1. Causas relacionadas con la materia prima que afecta la actividad productiva:

- ✓ Calidad de materias primas
- ✓ Escasez de materiales
- ✓ Sistema de administración de compras
- ✓ Inadecuado almacenamiento

2. Causas relacionadas con la tecnología:

- ✓ Falta de mantenimiento e inadecuada operación
- ✓ Mal Diseño del Proceso o del equipo.
- ✓ Mala Disposición de las Instalaciones.

Capítulo II: Materiales y Métodos

- ✓ Tecnología obsoleta.
3. Causas relacionadas con las prácticas operativas:
- ✓ Falta de Personal calificado.
 - ✓ Desmotivación de los empleados.
4. Causas relacionadas con los residuos.
- ✓ No se tiene un programa de reuso o reciclaje.
 - ✓ No se tiene una estimación de costos por el concepto de generación de residuos.

Generar opciones de P+L.

Una vez que se conocen las fuentes de generación de residuos y emisiones; así como las fuentes de desperdicios de materias primas y energéticas se inicia la búsqueda de medidas correctivas.

Seleccionar las opciones de P+L

Una vez que han sido generadas las opciones de P+L, estas deben ser seleccionadas, de acuerdo a los criterios de factibilidad, costos de implantación y rentabilidad.

2.1.4 Fase IV: Estudios de factibilidad.

En esta etapa se efectúa una evaluación económica con la finalidad de determinar si las opciones a implantar son adecuadas ofreciéndole ganancias a la empresa.

Se realiza además una valoración de ahorro por consumo de energéticos, consumo de materia prima, etc.

2.1.5 Fase V: Implantación.

La implantación de las opciones de P+L exige de un plan de aplicación de las P+L el cual presenta los resultados de cada etapa y proyecta un plan de acción para alcanzar las mejoras identificadas en la empresa.

Un plan de aplicación consiste en la organización de los proyectos requeridos para llevar a cabo las opciones, la movilización de los fondos, recursos

Capítulo II: Materiales y Métodos

humanos y logísticos necesarios. El entrenamiento, la supervisión y el establecimiento de un sistema de gestión también son a menudo componentes importantes de un plan de aplicación. El plan de aplicación debe definir claramente el tiempo, las tareas y las responsabilidades.

Un buen diseño y selección de los indicadores propiciará la eficiencia del plan y de la gestión de los recursos.

2.2. Metodología para el desarrollo de opciones de P+L.

Esta metodología la brinda la ONUDI para evaluar y calcular opciones de P+L en procesos industriales. (ONUDI, 2006)

Situación actual.

Se expone cual es la situación que presenta en el momento del análisis el lugar donde se va a implementar la opción en cuestión.

Recomendación.

Debe contemplar concretamente la opción a desarrollar.

Cálculos necesarios.

En este punto se realizan los cálculos pertinentes para determinar los valores de los parámetros de mayor significación.

Análisis económico.

Se determinan costos, ahorro económico, inversión para implantar la opción, así como otros parámetros de interés.

Beneficios ambientales.

Se analiza como beneficia al medio ambiente la opción generada.

2.3 Cálculos para las opciones de Producción Más Limpia.

Dado que el área objeto de estudio de la presente investigación es la generación de vapor de la ECCM se realiza el análisis del proceso en cuanto a:

- Sistema de retorno del Condensado.
- Recuperación del agua que se drena para el mantenimiento de la Cardera.

2.3.1 Análisis del Sistema de retorno de condensado.

Capítulo II: Materiales y Métodos

Se analiza el sistema de retorno de condensado, donde se calculan los diámetros necesarios para cada tramo de tubería. Esto se realiza con el empleo de la ecuación de Bernoulli, en cada tramo correspondiente (ver esquema de retorno de condensado en el Anexo No 2) para cada uno de los consumidores.

2.3.2 Metodología para el cálculo de los diámetros de las tuberías de condensado.

Para el cálculo de los diámetros necesarios para cada tramo de tubería se analiza detalladamente el sistema de retorno del condensado. Para esto se utiliza la ecuación de Bernoulli descrita en la página No 75, ecuación 4.30 según Mc Cabe, W. 1998.

$$z_1 + \frac{\alpha_1 * v_1^2}{2 * g} + \frac{P_1}{\rho * g} + H_b = z_2 + \frac{\alpha_2 * v_2^2}{2 * g} + \frac{P_2}{\rho * g} + \sum H_f \quad (2.1)$$

Dónde:

z_1 : es la altura al nivel del piso, m

z_2 : altura en la intercepción, m

α : factor de corrección de la energía cinética

v : velocidad del fluido a través de la tubería

g : aceleración de la gravedad, m/s^2

P_1 : presión en el punto 1, Pa

ρ : densidad del fluido a la temperatura requerida, kg/m^3

H_b : trabajo de la bomba sobre el fluido, m

P_2 : presión en el punto 2, Pa

H_f : pérdidas por fricción totales, m

Como el diámetro en la tubería de cada tramo es el mismo, las velocidades son iguales y entonces se simplifican.

Como no hay bomba de la bomba H_b se simplifica.

Como Z_1 se toma como referencia se simplifica

2.3.3 Cálculo de las pérdidas en tuberías y accesorios. (ΣH_f)

Capítulo II: Materiales y Métodos

En tuberías:

1. Obtener el valor del diámetro y la longitud de la tubería (m).
2. Determinar el valor del área por la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad (2.2)$$

Dónde

A: área, m².

π : constante matemática.

D: diámetro de la tubería, m.

3. Con conocimiento del flujo volumétrico se obtiene el valor de la velocidad para calcular el Reynolds y así se determina el régimen en que se encuentra el fluido para conocer el factor de fricción y el factor de corrección de energía cinética (α). Se utiliza la siguiente ecuación:

$$q = v * A \quad (2.3)$$

Con el despeje se obtiene:

$$v = \frac{q}{A} \quad (2.4)$$

Dónde:

q: flujo volumétrico, m³/s.

v: velocidad del fluido por la tubería, m/s.

A: área, m²

$$R_e = \frac{v * D}{\vartheta} \quad (2.5)$$

Dónde

R_e : número adimensional de Reynolds

v: velocidad del fluido en la tubería, m/s

D : diámetro de la tubería, m

ϑ : viscosidad cinemática, m²/s

4. Para hallar el factor de fricción se necesita el tipo de régimen, el diámetro de la tubería y los valores de rugosidad en tubos.

Régimen turbulento:

$$f = \left(\left(-2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3.7} \right) + \left(\frac{6.81}{R_e} \right)^{0.9} \right)^2 \right)^{-1} \quad (2.6)$$

Capítulo II: Materiales y Métodos

Dónde:

f : factor de fricción

R_e : número adimensional de Reynolds

Régimen laminar:

$$f = \frac{64}{R_e} \quad (2.7)$$

Dónde:

f : factor de fricción

R_e : número adimensional de Reynolds

5. Después de obtenido el factor de fricción se calculan las pérdidas por fricción en tuberías por la siguiente ecuación:

$$hf_{tub.} = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g} \quad (2.8)$$

Dónde:

$hf_{tub.}$: pérdidas por fricción en tuberías, m.

f : factor de fricción.

v : velocidad del fluido, m/s.

L : longitud de la tubería, m.

D : diámetro de la tubería, m.

g : valor de la aceleración de la gravedad, m/s².

En accesorios:

1. Determinar la cantidad de accesorios que existen en la tubería y el tipo.
2. Buscar para cada accesorio el coeficiente de resistencia del accesorio (Tabla 3.1 pág. 102 del libro de texto Hidrodinámica y Separaciones Mecánicas, Tomo I).
3. Calcular las pérdidas por fricción en los accesorios por la siguiente ecuación:

$$hf_{acc.} = \sum \frac{K * v^2}{2 * g} \quad (2.9)$$

Dónde:

$hf_{acc.}$: pérdidas por fricción en los accesorios, m

v : velocidad del fluido, m/s

K : coeficiente de resistencia del accesorio

g : aceleración de la gravedad, m/s²

Luego de calcular las pérdidas por fricción en tuberías y en accesorios se calculan las pérdidas por fricción totales (Hf_{total}) por la siguiente ecuación:

$$Hf_{total} = hf_{tub.} + hf_{acc.} \quad (2.10)$$

Luego de calculado todo lo anterior se despeja de la ecuación general la presión en el punto 2 que es la que se necesita.

$$P_2 = \left(\frac{P_1}{\rho * g} + H_b - z_2 - \frac{\alpha_2 * v^2}{2 * g} - H_f \right) * \rho * g \quad (2.11)$$

2.4 Metodología para el cálculo de la altura mínima que se requiere para que el agua fluya por gravedad hacia la cisterna.

Los cálculos de la altura mínima se realizan a través la Ecuación de Bernoulli planteándola desde la superficie del tanque de agua hasta el tanque del sistema.

Se tienen en cuenta las siguientes condiciones:

- Las velocidades son 0, por estar los puntos 1 y 2 en la superficie del tanque.
- Como no hay bomba, H_b se simplifica.
- A continuación, de la ecuación de Bernoulli se despeja Z_1 y el resto de los términos se calcula.

2.5 Metodología para la selección de la bomba.

Para la selección de la bomba primeramente se determina la carga de sistema, y se hace uso de la Ecuación del Balance de Energía Mecánica. Dicha ecuación se aplica entre dos puntos cualesquiera del sistema.

$$z_1 + \frac{\alpha_1 * v_1^2}{2 * g} + \frac{P_1}{\rho * g} + H_b = z_2 + \frac{\alpha_2 * v_2^2}{2 * g} + \frac{P_2}{\rho * g} + \sum H_f \quad (2.12)$$

Dónde:

z_1 : es la altura al nivel del piso, m

Capítulo II: Materiales y Métodos

z_2 : altura en la intercepción, m

α : factor de corrección de la energía cinética

v : velocidad del fluido a través de la tubería

g : aceleración de la gravedad, m/s^2

P_1 : presión en el punto 1, Pa

ρ : densidad del fluido a la temperatura requerida, kg/m^3

H_b : trabajo de la bomba sobre el fluido, m

P_2 : presión en el punto 2, Pa

H_f : pérdidas por fricción totales, m

Para $Re \leq 2100$: Régimen de flujo laminar, $\alpha=2$

Para $2100 < Re < 4000$: Régimen de flujo de transición, $1,03 < \alpha < 1,08$

Para $Re > 4000$: Régimen de flujo turbulento, $\alpha=1$

Despeje de la carga del sistema de la ecuación de la Energía Mecánica se obtiene que:

$$H_b = z_1 - z_2 + \frac{\alpha_2 * v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\rho g} - \frac{\alpha_1 * v_1^2}{2g} - \frac{P_1}{\rho g} + \sum h_{f_{1-2}} \quad (2.13)$$

Si se conoce el flujo (q) y diámetro de la tubería (D), la velocidad del fluido puede determinarse mediante la expresión siguiente:

$$v = \frac{4 * q}{\pi * D^2} \quad (2.14)$$

Para determinar el número de Reynolds se emplea la siguiente expresión:

$$R_e = \frac{\rho * v * D}{\mu} \quad (2.15)$$

Donde:

R_e : número adimensional de Reynolds

v : velocidad del fluido en la tubería, m/s

D : diámetro de la tubería, m

μ : viscosidad cinemática, m^2/s

Capítulo II: Materiales y Métodos

Las pérdidas por fricción totales del sistema se determinan mediante la siguiente ecuación:

$$Hf_{total} = hf_{tub.} + hf_{acc.} \quad (2.16)$$

Las pérdidas por fricción en la tubería se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$hf_{tub.} = \frac{f * L * v^2}{D * 2 * g} \quad (2.17)$$

Dónde:

$hf_{tub.}$: pérdidas por fricción en tuberías, m.

f : factor de fricción.

v : velocidad del fluido, m/s.

L : longitud de la tubería, m.

D : diámetro de la tubería, m.

g : valor de la aceleración de la gravedad, m/s².

Para régimen turbulento, f puede determinarse mediante la Figura 3.9 (Rosabal, 2006), en función de Re y de la rugosidad relativa (ε).

La rugosidad relativa depende de la rugosidad absoluta (e) y del diámetro interno de la tubería, y se determina mediante la expresión:

$$\varepsilon = \frac{e}{D} \quad (2.18)$$

La rugosidad absoluta (e) puede encontrarse en la Tabla 9 (Rosabal, 2006).

Las pérdidas por fricción en los accesorios se calculan por la siguiente ecuación:

$$hf_{acc.} = \sum \frac{K * v^2}{2 * g} \quad (2.19)$$

Dónde:

$hf_{acc.}$: pérdidas por fricción en los accesorios, m

v : velocidad del fluido, m/s

Capítulo II: Materiales y Métodos

K : coeficiente de resistencia del accesorio

g : aceleración de la gravedad, m/s^2

El valor del coeficiente de resistencia local (K_i) para flujo turbulento puede ser determinado en la Tabla 3.1 (Rosabal, 2006), y para flujo laminar, mediante la Figura 3.24 (Rosabal, 2006). Cada tipo de accesorio tiene un valor de este coeficiente.

Una vez determinada la carga del sistema, con dicha carga y el flujo se entra al Catálogo de curvas características para bombas ITUR, que fue el escogido y se selecciona la bomba adecuada.

Seleccionada la bomba, debe verificarse si ocurre el fenómeno de cavitación, para ello se busca el NPSH de la bomba en el Catálogo y se determina el NPSH del sistema. Para que no ocurra cavitación el NPSH de la bomba debe ser menor que el NPSH del sistema.

Para determinar el NPSH del sistema se emplea la siguiente expresión:

$$NPSH_{sistema} = \frac{P_e - P_v}{\rho * g} \quad (2.20)$$

Donde:

P_e : Presión de succión de la bomba (Pa).

P_v : Presión de vapor del fluido a la temperatura de trabajo (Pa).

Para determinar la presión de entrada o succión de la bomba es necesario realizar otro Balance de Energía Mecánica, ubicando el punto 2 a la entrada de la bomba.

Se despeja la Presión de entrada de la ecuación de la Energía Mecánica se obtiene que:

$$P_e = \rho g \left(z_1 - z_2 + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho g} + H_b - \sum hf_{1-2} \right) \quad (2.21)$$

2.6 Análisis de factibilidad económica.

Para el análisis de factibilidad económica de la inversión de cada una de las opciones de P+L generadas como propuestas, se tienen en cuenta indicadores económicos tales como el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) y el plazo de recuperación de la inversión (PRI) empleando las formulaciones que destacan autores como Fernández, 2002 y Hernández, 2003, las cuales se describen a continuación.

2.6.1 El valor actual neto (VAN)

La fórmula utilizada para el cálculo del VAN es la siguiente:

$$VAN = -C_0 + \frac{G_1}{1+K} + \frac{G_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{G_n}{(1+K)^n} \quad (2.22)$$

Criterio de selección:

$VAN > 0$ se acepta el proyecto

$VAN < 0$ se rechaza el proyecto

Si los proyectos son excluyentes se escogería el que mayor VAN tenga.

2.6.2 La Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se calcula por la siguiente fórmula:

$$TIR = r(+) + \frac{VAN(+)(r(-)-r(+))}{VAN(+)+|VAN(-)|} \quad (2.23)$$

Criterio de decisiones.

Si $r < TIR$ se acepta el proyecto.

Si $r > TIR$ se rechaza el proyecto.

$TIR_A > TIR_B$ se acepta A.

2.6.3 Criterio plazo de recuperación o “payback”

Se obtiene por la fórmula siguiente:

$$P = \frac{C_0}{C_j} \quad (2.24)$$

Capítulo II: Materiales y Métodos

Dónde:

C_j = Entrada promedio anual por concepto de ahorro

Según estos indicadores, se selecciona la alternativa que sus inversiones tengan un VAN positivo, siendo más interesante cuanto mayor sean el VAN y menor el PRI (Fernández, 2002).

2.6.4 Para calcular los indicadores económicos de la producción de vapor se utilizaron las siguientes fórmulas.

$$CF = \text{Salario} + \text{Seguridad Social} + \text{Amortización} \quad (2.25)$$

$$CV = \text{Materiales} + \text{Combustible.} + \text{Energía} + \text{Mantenimiento} + \text{Servicios Productivos} \\ + \text{Otros gastos} \quad (2.26)$$

$$CT = CF + CV \quad (2.27)$$

$$G = VP - CT \quad (2.28)$$

$$VP = N * (p_{up}) \quad (2.29)$$

2.6.5 Cálculo del punto de equilibrio.

$$CUV = CV / N \quad (2.30)$$

$$CP/VP \quad (2.31)$$

$$N_0 = CF / (p_{up} - CUV) \quad (2.32)$$

Dónde:

N = volumen de la producción.

$CT = CP$ = costos totales y/o costo de la producción

CF = costos fijos.

CV = costos variables.

Capítulo II: Materiales y Métodos

CT = costos totales

VP = valor de la producción.

pup = precio unitario del producto.

CUV = costos unitarios variables.

G = Ganancia

N_0 = Punto de Equilibrio

Con las mismas fórmulas anteriores y las variaciones en los costos, como resultado de la inversión propuesta, se recalculan todos los indicadores y se determina el nuevo punto de equilibrio.

2.7 Conclusiones Parciales.

1. Se propone para identificar los focos que generan opciones de P+L la metodología de P+L desarrollada por PNUMA y la ONUDI que se encuentra integrada por 5 fases.
2. Se definen las ecuaciones a utilizar en los cálculos que se generan de las opciones de P+L identificadas con la aplicación de las metodologías propuestas.
3. Se definen como indicadores de la factibilidad económica el VAN, el TIR y el PRI.

Resumen

Resumen

El presente trabajo de diploma se desarrolla en la Base de Crudo, perteneciente a la Empresa Comercializadora de Combustibles de la provincia de Matanzas, donde tiene lugar el proceso de mezclas de crudo. El mismo se realiza con el objetivo de evaluar opciones de P+L para dar solución a la recuperación del condensado de los intercambiadores de calor IE201A e IE201B y recuperar el agua suavizada que se drena de la caldera. Con este propósito, se realiza en primer lugar un análisis bibliográfico, que constituye el basamento teórico de esta investigación. Seguidamente se realiza la caracterización tecnológica del proceso de mezcla de crudo donde se determinó que posee dificultades con la recuperación del condensado lo que provoca pérdidas de 4125 ton/a del mismo, lo cual representa una pérdida de 4950 CUC/año y se pierden 3 m³ agua suavizada en operaciones de mantenimiento y paradas de la caldera. Se propone cuatro opciones de P+L y se analiza la factibilidad económica de las propuestas desarrolladas con valores de VAN positivos y el punto de equilibrio que demuestra la rentabilidad de la misma.

.

Abstract

Abstract

The present diploma work is developed in the oil base pertaining to the oil trading Company of the province of Matanzas where the process of mixtures of crude oil takes place. This process is made with the objective to evaluate options of P + L in order to give solution to the recovery of the condensed of the heat exchangers IE201A and IE201B and to recover the smoothed water that is drained of the boiler. With this intention, a bibliographical analysis is made in the first place which constitutes the theoretical base of this investigation. Next the technological characterization of the process of mixture of crude oil is made, where it was determined that it has difficulties with the recovery of the condensed, what causes losses of 4125 tons per year of it, which represents a loss of 4950 CUC per year and 3 cubics metters of smoothed water are lost in maintenance operations and shutdowns of the boiler. Four options of P + L were proposed and the economic feasibility of the developed proposals is analyzed with values of VAN positives and the balance point that demonstrates the yield of the it.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción más Limpia (P+L).

En el presente capítulo se desarrollan los cálculos correspondientes para la evaluación de las opciones de Producción más Limpia (P+L). Además se realiza el análisis económico para determinar la opción de P+L más factible para implementar en la empresa.

3.1 Aplicación de la Metodología de P+L.

3.1.1 Fase I. Planeación y organización.

La Gestión Ambiental en el centro está enfocada principalmente a los procesos productivos, pero con enfoque de sistemas que incluye el desempeño de toda la empresa en cuanto a resultados en la producción, índices de consumos, rendimientos, indicadores económicos, atención al hombre, con el objetivo de reducir o mitigar los impactos negativos que generan las actividades que se llevan a cabo en la empresa y así proteger el medio ambiente y preservar los recursos naturales.

Todos los trabajadores de la empresa de forma general están involucrados en esta actividad, el Director General de la empresa es el responsable de la Gestión Ambiental, y se apoya en un grupo de personas ligadas a diferentes direcciones de la empresa que forman el Grupo de Gestión Ambiental. Se cuenta además con tres expertos en P+L pertenecientes al área objeto de estudio, uno es ingeniero mecánico que tiene 30 años de experiencia, otra ingeniera química que tiene 37 años de experiencia y otra ingeniera química que tiene 34 años de experiencia.

Existe el Sistema de Gestión Ambiental en la empresa y los elementos que conforman al mismo están bien definidos, están determinados todos los impactos que el proceso causa al medio ambiente y actualmente se trabaja en la evaluación más detallada de cada uno de ellos.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

3.1.2 Definición de los elementos componentes del Sistema de Gestión Ambiental (política, objetivos y metas ambientales)

Política Ambiental:

Aumentar el bienestar y el sentido de pertenencia de todos los trabajadores, y comprometerlos a alcanzar altos volúmenes de producción con elevada eficiencia, calidad y ahorro de portadores energéticos, en armonía con el medio ambiente, en aras de lograr un desarrollo sostenible.

Objetivos estratégicos:

- ✓ Usar eficientemente el agua, materias primas, productos e insumos
- ✓ Minimizar y manejar adecuadamente los residuales líquidos, sólidos y emisiones gaseosas.
- ✓ Reducir las cargas contaminantes emitidas al medio ambiente.
- ✓ Aprovechar económicamente los residuales con potencialidad para ello.
- ✓ Establecer una política de compras de tecnologías y productos amigables con el medio ambiente.
- ✓ Educar y capacitar en temas ambientales al capital humano y exhortarlo a participar en las soluciones a los problemas ambientales de la entidad.

Metas ambientales:

- ✓ Disminuir el volumen de agua por unidad de producto en un 20 %y por tanto reducir la generación de aguas residuales en el año.
- ✓ Disminuir el consumo de energía eléctrica por unidad de producto en un 12 %en el año.
- ✓ Disminuir en un 15 %el valor de la carga contaminante en aguas residuales.
- ✓ Aumentar la eficiencia energética disminuyendo el índice de consumo de combustible convencional por unidad de producción terminada en un 10 %.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

- ✓ Disponer del monto de inversiones para la solución de problemas ambientales.
- ✓ Garantizar que más del 95 % de las compras sean de tecnologías y productos amigables con el medio.
- ✓ Capacitar al 100 % de los trabajadores en temas sobre el cuidado y conservación del medio ambiente y la importancia de la implementación de P+L.

3.1.3 Indicadores para medir el cumplimiento de los objetivos ambientales.

El logro de los objetivos se puede medir a través de indicadores predeterminados de desempeño ambiental tales como:

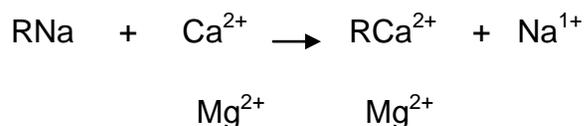
- ✓ Disponibilidad de información actualizada sistemáticamente sobre los principales problemas ambientales de la entidad.
- ✓ Incremento del grado de participación de los trabajadores en la gestión ambiental de la entidad.
- ✓ Porcentaje de minimización de la generación de residuales logrado en una unidad de tiempo.
- ✓ Porcentaje de reducción de carga contaminante emitida al medio ambiente alcanzado en una unidad de tiempo.
- ✓ Consumo de materias primas, productos, agua o energía por unidad de producto.
- ✓ Residuales producidos por cantidad de producto terminado.
- ✓ Inversiones realizadas para la protección ambiental.

3.2 Fase II. Evaluación previa.

3.2.1 Descripción tecnológica del proceso productivo completo.

El agua cruda es bombeada desde la cisterna hasta los suavizadores (uno en funcionamiento y el otro de reserva), en estos suavizadores ocurre el proceso de tratamiento de agua mediante intercambio iónico, pues cada suavizador contiene una resina de intercambio de sodio, el agua cruda intercambia con la resina (Wofatit SBW) los iones calcio y magnesio por el catión sodio.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)



Cuando la resina se agota, es necesario regenerarla haciéndole pasar una corriente de cloruro de sodio, ocurriendo entonces el proceso inverso:



El agua que sale del suavizador tiene una dureza de 0 (contenido de calcio y magnesio) y es almacenada en un tanque de agua tratada, mediante una bomba con control automático se envía el agua a un tanque de alimentación que suministra el agua directamente a la caldera, junto con esa agua se adicionan 2 productos químicos (VAPEN 220 y 300) cuya función es regular los parámetros del agua de la caldera.

Un ablandador de intercambio iónico trabaja básicamente en dos ciclos: el ciclo de servicio, que persiste mientras se produzca agua suavizada, y el ciclo de regeneración el cual restaura la capacidad agotada de la resina. Durante el ciclo de servicio, el agua cruda (dura) entra al ablandador a través del distribuidor de entrada, fluye hacia abajo a través de la cama de resina y es recogida en un tanque de almacenamiento. (VAPENSA, 2008) el diagrama del proceso se muestra en el Anexo No 1.

Existe a su vez otro sistema de suministro de petróleo a la caldera que consiste en un intercambiador de calor por el cual pasa el petróleo procedente de los tanques de almacenamiento (T-320 y T-29), donde en este intercambiador se eleva la temperatura del combustible hasta 70 °C, el cual se almacena en un tanque cilíndrico horizontal, de ahí se bombea directamente a la caldera, pasando por un precalentador que eleva la temperatura del combustible de 110°C a 120°C.

En el interior de la caldera la energía química contenida en el combustible se convierte en energía calorífica se transmite a través de las paredes del hogar de la caldera hasta el agua. Mediante la adición de esta energía calorífica la temperatura del agua

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

aumenta y cuando alcanza el punto de saturación hierve: generándose entonces el vapor. (Manual de Operaciones, 1999)

El vapor es utilizado por los distintos consumidores de la Empresa y retorna el condensado a un tanque colector que alimenta al tanque de alimentación interna de la caldera.

En la actualidad el proceso tecnológico que se analiza posee dificultades con la recuperación del condensado lo que provoca pérdidas de agua, combustible y energía que se pueden reportar desde el punto de vista económico como se muestra a continuación.

Según se reporta por León, 2011 la producción de vapor de la empresa debe alcanzar 82491 ton/a de las cuales se debe recuperar el 80 % en el condensado que significa 65992,8 ton/a de vapor. Por las dificultades que presenta el área objeto de estudio en el año 2012 se dejaron de recuperar 4125 ton/a lo que representa una pérdida de 4950 cuc para la empresa si se toma en cuenta que el costo del vapor 13,03 CUC/Ton (León, 2011)

Desde el punto de vista energético como el agua de reposición está a temperatura ambiente (30 °C) y el condensado está a 90 °C es necesario consumir una cantidad adicional de crudo para calentar toda esa masa de agua para la producción de vapor, realizando los balances de energía correspondientes entre el crudo y el agua Pérez. G, 2013 reportados en el área objeto de estudio, se obtiene que se pierden al año 12,4 toneladas de crudo.

Una vez analizada la situación anterior y con los valores reportados (León, 2011) para el precio del crudo (482 CUC/ Ton), la empresa incurre en una pérdida de 5976,8 CUC/a por este concepto.

3.3 Fase III: Evaluación

3.3.1 Resultados obtenidos del estudio realizado a las líneas de retorno de condensado.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

- **Tramo IE 118 hasta la línea de salida de los intercambiadores de IE 201A y B:** Con los valores medidos diariamente a partir del manómetro en el IE 118 y en la línea de los IE 201 A y B, se obtienen los resultados los que se muestran en la tabla 3.1 y el Anexo 5.

Tabla 3.1 Cálculos determinados en los puntos de intercepción en las líneas de retorno del condensado en el Tramo IE 118.

Datos	Símbolo	IE 118 Tubería real	IE 118 Tubería propuesta	Unidad
Diámetro	D	2	4	pulg
Presión en el punto inicial (absoluta)	P1	2,53	2,53	kgf/cm ²
Presión en el punto inicial (manométrica)	P1man	1,5	1.5	kgf/cm ²
Presión en la intercepción. (absoluta)	P2	2,862	3,314	kgf/cm ²
Presión en la intercepción. (manométrica)	P2man	1,832	2,284	kgf/cm ²

Fuente: Elaboración propia

Si se comparan los valores de presiones reportados en la tabla anterior se puede observar que la presión manométrica obtenida en la intercepción 1,832 kgf/cm² (situación en la cual no retorna el condensado adecuadamente), es menor a la presión que según se reporta en el manual de operaciones del área de calderas para condensados (2,2 kgf/cm²) por lo que con el aumento del diámetro de la tubería a 4 pulgadas se alcanza la presión deseada (2,28 kgf/cm²). Por todo lo anterior analizado se propone sustituir la línea de retorno de condensado de 2 pulg de diámetro desde el IE 118 hasta la intercepción con la línea de los IE 201 A y B, por otra de 4 pulg de diámetro con el mismo trazado. Esta modificación posibilita el retorno del condensado.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

- **Tramo IE 117 hasta la línea de condensado del tanque 37:**

Se instaló un manómetro a la salida del condensado del IE 117 y del tanque 37 y se procedió de la misma forma que con el IE 118. Los resultados aparecen en la Anexo No 5. Esta presión expresada como manométrica es de 1,31 Kg/cm².

De acuerdo a los resultados obtenidos como las presiones en las dos líneas son similares no existen problemas con el retorno de condensado por lo que no se proponen modificaciones en el mismo.

Tramo tanque 38 hasta la línea de condensado del tanque 37: Se colocó un manómetro en la línea que baja del tanque 37 en el punto donde se intercepta con la línea que viene del tanque 38. Este punto está situado al mismo nivel que la estación 2-1 por lo que la diferencia de altura es 0. La presión en ese punto es ligeramente mayor que en el intercepto de la línea con el IE 117 porque está situado más abajo. La presión registrada es de 1,45 kg/cm² manométrica.

Los valores del retorno se obtienen de la misma forma que en los casos anteriores, los resultados se muestran en el Anexo No 5.

Como las presiones son similares no existe dificultad en el retorno.

- **Tramo del Intercambiador CTE. A. Guiteras y CTE Este Habana, hasta la línea de condensado del tanque 37:** Se colocó un manómetro en la intercepción de los condensados procedentes de ambos intercambiadores, siendo su presión de 1.5 kg/cm² (manométrica). Se procedió a calcular la presión en el punto donde se intercepta con las líneas del tanque 37 y el tanque 38, valores que se expresan en el Anexo No 5.

En este caso como la presión es similar a la del punto de intercepción, no hay dificultades con el retorno de esos operadores.

No se calculan los otros consumidores por retornar libremente a la caldera.

De todo este estudio se puede concluir que el Sistema de retorno de Condensado el cual fue diseñado por la Empresa ALASTOR está correctamente dimensionado, exceptuando el tramo IE 118, que se construyó con posterioridad al resto y se diseñó

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

con el mismo diámetro de tubería, sin tener en cuenta las condiciones de trabajo del mismo, por lo que es este el único tramo con propuesta de modificación y el resto, si se opera correctamente, es posible lograr una buena recuperación del condensado.

3.3.2 Opciones de Producción Más Limpia en la recuperación del agua que se drena para el mantenimiento de la Caldera.

Producto a las operaciones de mantenimiento preventivo planificado del área de caldera las que se realizan con una frecuencia anual, o cuando alguna de las dos calderas de la Empresa sale fuera de servicio se vierte agua tratada directamente al suelo del área, este vertimiento ha causado una erosión del suelo la cual afecta la ornamentación de la entidad y se pierde agua suavizada que es más costosa y tiene los requerimientos técnicos para reincorporarse al proceso, por lo que se propone recuperarla a través de las siguientes propuestas para ser utilizada nuevamente en la caldera.

Propuesta #1: Construcción de una cisterna donde se recibirá por gravedad el agua de los tanques de alimentación y extracciones de purga de fondo de la caldera que quede fuera de servicio, con instalación de una bomba que permita por facilidades el suministro de dicha agua hacia los tanques de almacenamiento .

Ventajas y Desventajas de la Propuesta #1:

Ventajas

- ✓ Se recupera más de un 90% la totalidad del agua originada por las diferentes causas de pérdidas.
- ✓ Recuperación de agua tratada químicamente.
- ✓ Se aprovecha la capacidad instalada en equipos estáticos y dinámicos.
- ✓ Mejora impacto ambiental.

Desventajas:

- ✓ Demora operacional al utilizar la gravedad en la evacuación por vaciado.
- ✓ Incremento riesgo de mantenimiento por nuevo equipo al proceso.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

- ✓ Requiere gastos de inversión.

En el recorrido realizado por la instalación para encontrar la ubicación a la cisterna, se decidió que el lugar apropiado es la zona aledaña al edificio de la caldera, en el espacio existente entre el local de la caldera y la planta de tratamiento de agua.

La cisterna sería un tanque de concreto de forma rectangular con una capacidad de 20 m³.

El agua procedente de la caldera y el tanque de alimentación va a la cisterna por gravedad, por lo que se calcula la altura mínima necesaria para garantizar la alimentación por gravedad. Según los cálculos se necesitan 1,37 m de altura como mínimo para que el agua fluya por gravedad hacia la cisterna y como el nivel más bajo de la caldera está a 2 m de altura, con estos valores se garantiza el flujo por gravedad.

Propuesta #2. Construcción de una cisterna con capacidad de 5m³ donde descargarán hacia ella por gravedad los tanques de alimentación y extracciones de purga de fondo de la caldera que quede fuera de servicio, con instalación de una bomba con línea de descarga independiente hacia el tanque 40 del sistema contra incendio ubicado en la estación 2-1.

Ventajas y Desventajas de la Propuesta #2:

Ventajas

- ✓ Asume la totalidad del volumen de agua en el Tanque 40.
- ✓ Mejora impacto ambiental.

Desventajas:

- ✓ No se recupera el agua tratada químicamente al contaminarse con volúmenes de agua cruda.
- ✓ Mayor utilización de recursos materiales.
- ✓ Incremento riesgo de mantenimiento por nuevo equipo al proceso.
- ✓ Requiere gastos de inversión por necesidad de adquirir una bomba y accesorios para su instalación.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

Para esta variante se consideraron las mismas condiciones que en la propuesta #1, solo se diferencia en que la descarga de la bomba es hacia el tanque 40, por lo que se procede a evaluar el sistema basado en la misma metodología de cálculo. Los resultados se reflejan en la tabla 3.2.

Según los resultados obtenidos la bomba existente cumple con los requerimientos del sistema, pero se pierde la oportunidad de aprovechar el agua tratada que es más costosa que el agua cruda.

Propuesta #3: Instalación de un bomba con sus correspondiente líneas de succión y descarga interconectada con las líneas de drenaje de los tanques de servicio y de extracción de fondo de las calderas a la línea de entrada al tanque de almacenamiento de agua tratada para la recuperación de ésta durante el vaciado de las calderas y los tanques de alimentación.

Ventajas y Desventajas de la Propuesta #3:

Ventajas:

- ✓ De fácil ejecución e instalación.
- ✓ Se aprovecha la capacidad instalada en equipos estáticos y dinámicos.
- ✓ Se reutiliza el agua tratada químicamente.
- ✓ Mejora impacto ambiental.
- ✓ Utilización de pocos recursos materiales.
- ✓ Se minimiza el tiempo operacional.
- ✓ Permite reprocesar los parámetros de calidad del agua.

Desventajas:

- ✓ Utilización inmediata de los volúmenes de agua a recuperar.
- ✓ Requiere gastos de inversión por necesidad de adquirir una bomba y accesorios para su instalación.

Esta propuesta es similar a las anteriores pero no requiere de la cisterna de almacenamiento, por lo que se procedió a evaluar la bomba existente (Cálculo de la

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

presión de descarga y NPSH del sistema) para las nuevas condiciones del sistema. Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.2 Resultados obtenidos en el balance energía mecánica.

Propuestas	Área (A)	Carga del sistema (Hb)	NPSH del sistema	NPSH de la bomba
Propuesta 2	0,004560 m ²	100 m	10,55 m	5 m
Propuesta 3	0,004560 m ²	100 m	10,30 m	5 m

Fuente: Elaboración propia

Atendiendo a los resultados descritos en la tabla 3.2 se concluye que el NPSH del sistema es mayor que el NPSH de la bomba por lo que se puede utilizar la bomba que se encuentra disponible en la entidad, cuyos parámetros reportados por el fabricante son:

Datos de la bomba.

Marca de la bomba: ITUR 40/125

Caudal: 22 m³/h

Presión de descarga: 12,9 kg/cm²

Carga de la bomba: 100 m

NPSH: 5 m

Las tres propuestas analizadas se pueden realizar, pero la más ventajosa es la #3 desde el punto de vista de facilidad de ejecución, además de las otras ventajas que se señalaron anteriormente por lo que se decide escoger esta variante.

3.4 Fase IV: Factibilidad económica

Para determinar la factibilidad económica se emplearon los datos brindados por el Departamento de Producción Facilidades Auxiliares Calderas de la Empresa, el cual

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

como división funcional contribuye directamente a la gerencia para el control de los costos por medio del presupuesto de gastos, que es un sistema que contiene, de forma estimada (Plan) los recursos necesarios para la ejecución de un programa de distribución expresado en valores y proyectado de acuerdo con las condiciones que se asume. Dicho departamento trabaja en la producción de vapor, para garantizar:

- a) Una mayor utilización de la fuerza de trabajo.
- b) Una utilización eficaz de las capacidades instaladas.
- c) El uso de las normas de consumo establecidas.

3.4.1 Cálculos económicos para la recuperación de condensados

Atendiendo a las ecuaciones indicadas en el capítulo 2, se determinan los valores de los indicadores económicos expresados por los costos fijos (CF) y variables (CV) para ello se emplean los datos del comportamiento de la Empresa en el año 2013, según el costo para la producción de mezclas, que se muestran en la tabla 3.3.

Los resultados arrojados son **CF** = \$153955,44, **CV** = \$ 371204,99, **CT**= 525160,43 \$/año, **VP**= 2163792 \$/año, **G** =1638631,57 \$/año.

Cálculo del punto de equilibrio (Anexo No 6):

$$CUV = Cv / N = 0,2058 \$ / m^3$$

$$CP/VP = 0,2427$$

$$N_0 = 154863,496 m^3$$

Tabla 3.3: Comportamiento de la Empresa en el año 2013, según el costo para la producción de mezclas.

Concepto	Costos (\$) CUP	Tipo de costo
Materiales	99 418,69	CV

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

Combustibles	51 247,3	CV
Energía	17 677,48	CV
Salario	36 747	CF
Seguridad Social	13 781,08	CF
Amortización	92 348	CF
Mantenimiento	85 904,32	CV
Servicios Productivos	58 739,2	CV
Otros gastos	58 218	CV
Atención al hombre	11 079,36	CF
Total	525 160,43	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa.

El vapor producido en la caldera se incluye entre los costos de la materia prima, por lo que si se realiza una inversión que permita eliminar los sobre consumos de agua, así como no tener que realizar limpiezas químicas (incluida en otros gastos), se disminuyen el costo total y se desplaza el punto de equilibrio.

Para esto se requiere realizar una inversión consistente en sustituir el tramo de la línea de condensado de 2 pulgada de diámetro por una de 4 pulgada, para recuperar el condensado del IE 118.

3.4.2 Análisis económico después de las modificaciones realizadas, con el objetivo de ver si es factible la inversión.

Tabla 3.4: Datos para realizar el análisis económico después de las modificaciones.

Concepto	Costos (\$)	Tipo de costo
----------	-------------	---------------

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

Materiales	99 229,606	CV
Combustibles	51 247,3	CV
Energía	17 677,48	CV
Salario	36 747	CF
Seguridad Social	13 781,08	CF
Amortización	92 348	CF
Mantenimiento	85 904,32	CV
Servicios Productivos	58 739,2	CV
Otros gastos	53 218	CV
Atención al hombre	11 079,36	CF
Total	519 971,346	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa.

Con los datos anteriores se calcula el VAN el cual tiene un valor de **9 614781,401** lo cual indica que se acepta la inversión porque el VAN es positivo. El alto valor del mismo se debe a que los costos de Inversión son muy pequeños comparados con las ganancias que tiene la Empresa. Al calcular el TIR cuyo valor es 1605,29361, citado en el Anexo No 4, se comprobó que para cualquier interés siempre el VAN es positivo, lo que indica que se puede aceptar cualquier interés.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

3.4.3 Evaluación económica para las condiciones actuales en el drenaje de agua de la caldera.

Para el año 2013, el presupuesto para la producción de vapor en el Departamento de Facilidades Auxiliares Calderas de la Empresa se comportó como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 3.5 Conceptos de gastos en ejecución del año 2013

Concepto	Costos (\$)	Tipo de costo
Materiales	14 939,00	CV
Combustibles	101 890,00	CV
Energía	33 963,00	CV
Salario	55 808,00	CF
Seguridad Social	21 768,00	CF
Amortización	60 734,00	CF
Mantenimiento	7 470,00	CV
Servicios productivos	734,00	CV
Otros gastos	2 288,00	CV
Total	299 594,00	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa

Los resultados arrojados son **CF** = 138310,00 \$/año, **CV** = 161284,00 \$/año, **CT**=299594 \$/año, **VP**= 1074857,73 \$/año, **G** =1074857,73 \$/año.

Cálculo del punto de equilibrio (Anexo No. 9:

$$CUV = Cv / N = 1,9552 \$ / m^3$$

$$CP/VP = 0,2787$$

$$N_0 = 12488,6803 \text{ Ton}$$

El análisis económico muestra resultados favorables (ver Anexo No. 8) pues los principales indicadores de eficiencia, el costo por peso, son de 0,2787 pesos gastados sobre los pesos distribuidos. Estos son altamente factibles, pues nos indican que por cada peso distribuido se obtiene de utilidad 0.7213 pesos.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

3.4.4 Análisis económico realizado a la propuesta seleccionada (Propuesta # 3).

Con esta variante el consumo de agua se reduce al poder recuperar los volúmenes que antes se desechaba, por lo que el comportamiento de los gastos sería el siguiente:

Tabla 3.6: Conceptos de gastos en su ejecución.

Concepto	Costos (\$)	Tipo de costo
Materiales	13 208,00	CV
Combustibles	101 890,00	CV
Energía	33 963,00	CV
Salario	55 808,00	CF
Seguridad Social	21 768,00	CF
Amortización	60 734,00	CF
Mantenimiento	7 470,00	CV
Servicios Productivos	734,00	CV
Otros gastos	2 288,00	CV
Total	297 863,00	

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la empresa

Costo Fijo

$$CF = 138\,310,00 \text{ \$/año}$$

Costos Variables

$$CV = 159\,553 \text{ \$/año}$$

Costos Totales

$$CT = 297\,863 \text{ \$/año}$$

Cálculo del CUV

$$CUV = 1,9342 \text{ \$ / Ton}$$

Cálculo del punto de equilibrio.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

$$N_0 = 12\,465,062\text{Ton}$$

Cálculo de la ganancia

El cálculo de la ganancia está basado en la reducción de los costos por concepto de ahorro de agua y otras materias primas para producir la misma cantidad de vapor.

$$VP = 1\,074\,857,73 \text{ \$/año}$$

$$G = \$1\,074\,857,73/\text{año} - \$297\,863,00/\text{año}$$

$$G = 776\,994,73 \text{ \$/año}$$

$$CP/VP = 0,2771$$

El análisis económico muestra resultados favorables (ver Anexo No.9), pues los principales indicadores de eficiencia, el costo por peso, son de 0,2771 pesos gastados sobre los pesos distribuidos. Estos son altamente factibles, pues nos indica que por cada peso distribuido se obtiene de utilidad 0,7229 pesos. En este caso, el punto de equilibrio se corre ligeramente hacia la izquierda, lo que indica que con menos producción de vapor se comienza a obtener ganancia.

Plazo de recuperación o “payback”

$$C_0 = 252\,597,48$$

$$C_j = 654\,697,78$$

$$P = 252\,597,48 / 654\,697,78$$

$$P = 0,38 \times 12 \text{ meses}$$

$$P = 4,6 \text{ meses}$$

Cálculo del VAN. Ver anexo No 10.

Para el cálculo del VAN se determina el valor de la inversión, para dicho cálculo se toma como referencia los beneficios derivados de la producción de vapor por el precio

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

unitario del producto y para el flujo se estima 5 años a partir del tiempo de vida útil de la bomba, donde el resultado se puede observar en el Anexo 10.

$$C_o = \$ 252 597,48$$

$$CF = \$ 138 310,00$$

$$CV = \$ 159 553,00$$

$$CT = \$ 297 863,00$$

$$VP = 1 074 857,73 \$/\text{año}$$

$$G = 776 994,73 \$/\text{año}$$

$$N = 82 491 \text{Ton}$$

$$CUV = 1,9342 \$/\text{Ton}$$

$$CP/VP = 0,2771$$

Tasa de actualización = 10%

Con los datos anteriores se calcula el VAN mediante la metodología para realizar los cálculos económicos.

$$VAN = 2 681 103,169$$

Se acepta la inversión porque el VAN es positivo. El alto valor del mismo se debe a que los costos de Inversión son pequeños comparados con las ganancias que tiene el departamento en la Empresa.

Al calcular el TIR, citada en el Anexo No.10, se comprobó que para cualquier interés siempre el VAN es positivo, lo que indica que se puede aceptar cualquier interés.

Al analizar el periodo de recuperación de la inversión se puede apreciar que la misma se recupera en 4,6 meses.

3.5 Conclusiones Parciales.

Capítulo III: Cálculo y evaluación de las opciones de Producción Más Limpia (P+L)

- En la evaluación previa al área de generación de vapor de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas se detectó que posee dificultades con la recuperación del condensado lo que provoca pérdidas de 4125 ton/a del mismo por lo que representa una pérdida de 4950 CUC/año y se pierden 3 m³ agua suavizada en operaciones de mantenimiento y paradas de la caldera.
- Se propone una propuesta para dar solución a la pérdida de condensado y tres para la pérdida de agua suavizada.
- Las propuestas realizadas son factibles lo cual queda demostrado por valores de VAN positivos y puntos de equilibrios favorables lo cual indica la solvencia de la entidad.

Conclusiones

Conclusiones

- Con la evaluación del proceso de generación de vapor de la Empresa Comercializadora de Combustible de Matanzas se detectó que posee dificultades con la recuperación del condensado lo que provoca pérdidas de 4125 ton/a del mismo por lo que representa una pérdida de 4950 CUC/año y se pierden 3 m³ agua suavizada en operaciones de mantenimiento y paradas de la caldera.
- Al aplicar la Metodología de Producción más Limpia en el área objeto de estudio se realiza una propuesta de opción para la recuperación del condensado y tres para recuperar agua que se drena por mantenimiento y/o parada de las calderas.
- Las propuestas realizadas son factibles lo cual queda demostrado por valores de VAN positivos y puntos de equilibrios favorables lo cual indica la solvencia de la entidad.

Recomendaciones

Recomendaciones.

- ✓ Extender la aplicación de la metodología de la Producción Más Limpia en otros puntos de la producción y los servicios de la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas.
- ✓ Llevar a cabo el proyecto de inversión para la implementación de las opciones de Producción Más Limpia analizadas, en el menor tiempo posible.

Bibliografía

Bibliografía

1. Agencia de Protección Ambiental Ministerio de Ambiente y Espacio Público. 2008. Guía práctica y estudio de casos, Producción más limpia, Programa Buenos Aires produce más limpio.
2. Barajas, Alberto A. 2005. *Seminario de eficiencia energética en la industria: Experiencias de proyectos de ahorro de energía y cogeneración*. [En línea]. [Consulta junio, 2012]. Disponible en: <http://www.conae.gob.mx/work/CONAE/resources.pdf>.
3. Belani, A. (2010). It's Time for an Industry Initiative on Heavy Oil. [Online]. *Journal of Petroleum Technology*. vol.58, no.6. p. 40-42. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com>. [Consultado 10/1/2013].
4. Bloom, D; Company, N. 2003. Strategies in Optimizing Condensate Return. In *the Twenty-Fifth Industrial Energy Technology Conference*, Houston, p. 179-182.
5. Borroto, Aníbal; Rubio, Ángel. 2007. *Maestría en eficiencia energética: Combustión y generación de vapor*. Editorial universo sur.
6. Camacho, A.; Ariosa, L. (2000). Diccionario de términos ambientales. La Habana: Acuario. 76 p. Departamento de Medio Ambiente. 2000. Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización (DAOM). Generalitat de Catalunya, España. ISBN: 84-393-5126-7.
7. Caraballo, L.; Viamontes, E., (2006). Curso Derecho Medio Ambiente. En Suplemento Especial Universidad para todos. Parte 1 y 2. La Habana: Academia. 16 p. ISBN 978-959-270-098-7.
8. Centro Nacional de Producción Más Limpia (2009) Manual de introducción a la producción más limpia en la industria. Colectivo autores Argentina, Disponible en <http://www.unep.ch/basel/>, consultado el día 30 de abril 2010.
9. Chales, G; Rosell, E.A.; et.al (2010). Medidas de Producción más Limpia en instalaciones petroleras. Centro de Investigaciones del Petróleo. 577301. gustavo@ceinpet.cupet.cu
10. CITMA (CU). (1998). Elementos metodológico para la introducción de prácticas de Producción Más Limpias. Alternativas para el aprovechamiento económico de residuales. [On line]. Disponible en: <http://www.cubaindustria.cu/pl/Contenido/Documentos/>. [Consulta: 23 abril 2013]

Bibliografía

11. Colectivo de autores. 2009. *Manual de introducción a la Producción más limpia en la industria*. Centro nacional de la producción más limpia, Argentina. [en línea]. [Consulta junio, 2012]. Disponible en: <http://www.unep.ch/basel.pdf>.
12. Comisión nacional para el ahorro de energía (CONAE). 2004. *Generadores de calor: Recuperación de condensados*.
13. DOAM, Diagnóstico Ambiental de Oportunidades de Minimización. 2000. Centro de Actividades Regionales para la Producción más limpia, ONU, ISBN 84-393-5126-7.
14. Equipo técnico del centro de producción más limpia de Nicaragua. 2009. *Manual de buenas prácticas operativas de producción más limpia para la industria láctea*. [En línea]. [Consulta junio, 2012]. Disponible en: <http://www.p2pays.org/ref/40/39943.pdf>.
15. Equipo técnico del Centro de Producción más Limpia de Nicaragua. 2013. *Manual de Buenas Prácticas Operativas de Producción más Limpia para la Industria Láctea*.
16. Espinosa; Dávila, R; Poveda, M. 2005. *Diagnóstico energético del hospital general de las fuerzas armadas no.1. Jornadas en Ingeniería Eléctrica y Electrónica*. [En línea]. [Consulta junio, 2012]. Disponible en: <http://bieec.epn.edu.ec:818/dspace/bitstream.pdf>.
17. Fernández, E. 2002. *Ingeniería Económica para Ingenieros Químicos*. (Monografía). ISBN: 010-366-10-366.
18. Golato, M.A; Colombres, F.J; Aso, G; Correa, C.A; Paz, D. 2008. Metodología de cálculo de la eficiencia térmica de generadores de vapor. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*. [en línea]. [consulta junio, 2012]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pdf>
19. Hernández de Alba, N; *et al.* 2003. *Algunas herramientas útiles para el arquitecto del siglo XXI*. Matanzas. Grupo de Marketing Urbano. Departamento de Economía Universidad de Matanzas. Cuba
20. Hernández. M. 2013. *Producción más Limpia una herramienta para reducir la generación de COP's producidos de forma no intencional*. Foro de Investigación sobre COP's en México.
21. León. N, 2011. *Tesis en opción al título de Licenciado en Contabilidad. Efecto Económico de una Inversión para un Proyecto Tecnológico de*

Bibliografía

- Ahorro de Agua en las Calderas de la Empresa Comercializadora de Combustible Matanzas. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
22. Lineamientos aprobados por el VI Congreso del PCC. (2012). La Habana. Editora Política.
23. Manual de Operaciones. (Julio 1999). Base de Crudos y Suministro. Supertanquero. Matanzas.
24. Marín, F.L. 2009. *Eliminación de contaminantes en los condensados de las calderas de vapor de CVG Bauxilum, CA*. Tesis presentada en opción al título de Licenciado en Química, Universidad de Oriente. [en línea]. [consulta junio, 2012]. Disponible en: http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bitstream/123456789/281/1/TESIS_FM.pdf
25. Ministerio de energía y Minas. 2004. *Manual de eficiencia energética para jefes de mantenimiento de hospitales*. [en línea]. [consulta junio, 2012]. Disponible en: http://www.geocities.ws/ISPP_CLAM/Manualspital.pdf.
26. Nadour, E. C. 2012: Agencia de Protección Ambiental Ministerio de Ambiente y Espacio Público. *Guía práctica y estudio de casos, Producción más limpia, Programa Buenos Aires produce más limpio*.
27. Ovando, S.M. 2007. *Beneficios en sistemas de vapor por medio de una correcta instalación y selección de trampas de vapor*. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Mecánico, Universidad San Carlos de Guatemala. [en línea]. [consulta junio, 2012]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0540_M.pdf.
28. ONUDI (2006). Informe de la asesoría completa en planta de Producción Más Limpia. La Habana. Ediciones ONUDI.
29. Palacios, H.M. 2007. *Estudio para el rediseño de la red de vapor y retorno del condensado para el hospital general San Juan de Dios*. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Mecánico, Universidad de San Carlos de Guatemala. [en línea]. [consulta junio, 2012]. Disponible en: <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08.pdf>.
30. Pérez Garay Luís, 2013. Generadores de Vapor, Cuba. Editorial Pueblo y Educación, Páginas 447.
31. Periódico Vanguardia, agosto 2011.
32. Pinelo, J. 2006. *Recaudación de la red de distribución de vapor y retorno del condensado en el hospital regional de San Benito Petén*. Tesis presentada

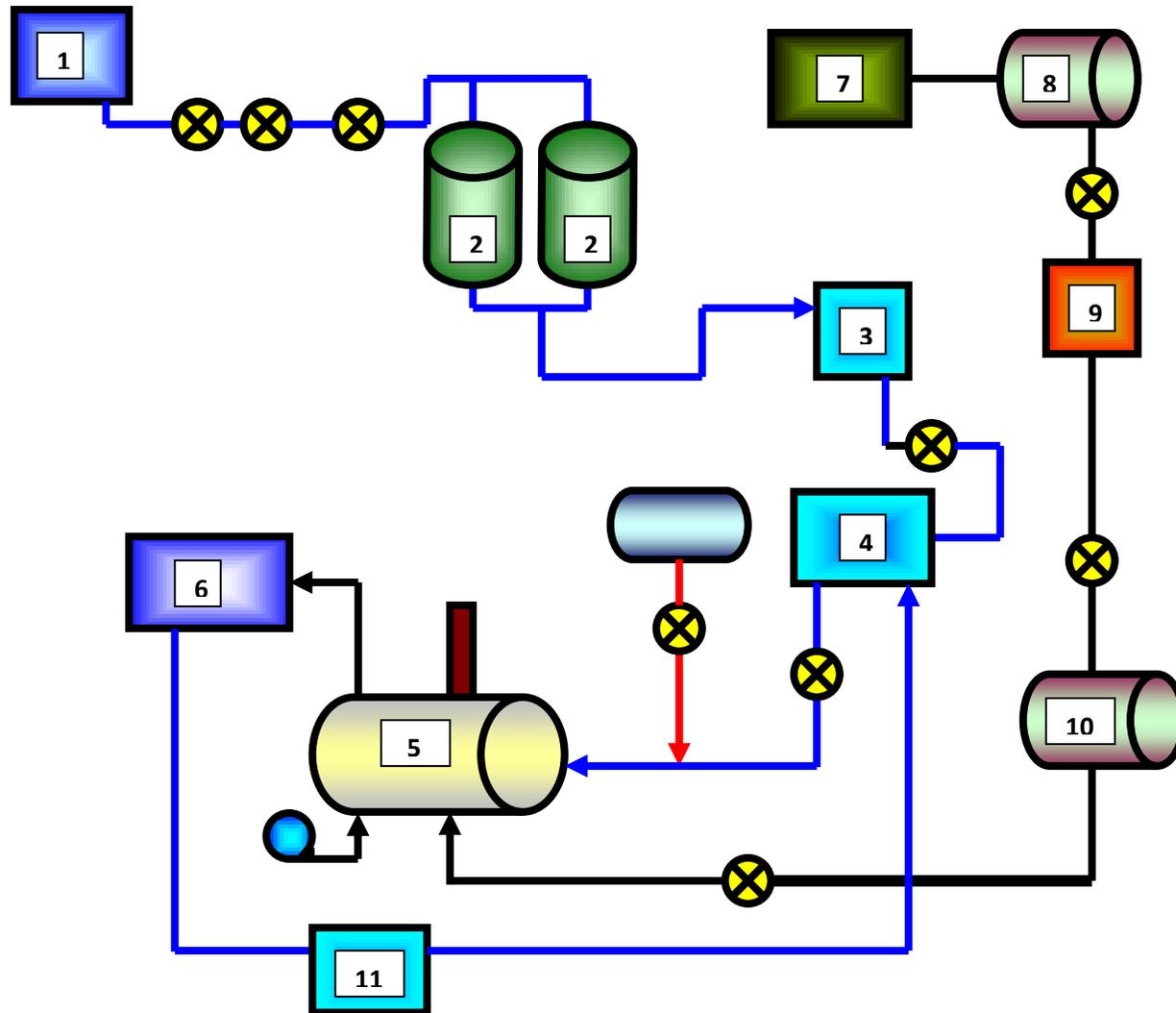
Bibliografía

- en opción al título de Ingeniero Mecánico, Universidad San Carlos de Guatemala.[en línea]. [Consulta junio, 2012]. Disponible en: <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis.pdf>.
33. PNUMA / IMA. 2003. Un paquete de recursos de capacitación: Producción Más Limpia. Documentos técnicos de apoyo. Parte 3. 28 p.
34. Red Nacional de Producción Más Limpia. Portal de Producción Más Limpia [on line]. [Cuba]: CITMA, 2003[citado 9 febrero 2013]. Disponible en Internet: <http://www.redpml.cu>
35. Rojas, J.P, 2011. Siete Pasos para implementar la Producción más Limpia en su Organización, CEGESTI, Éxito Empresarial. N° 138.
36. Rosabal Vega, Julio M.; 2006. Garcell Puyans, Leonel. *Hidrodinámica y Separaciones Mecánicas*. Tomo I. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
37. Serrano, J.H.; Tortosa, B.I., *et.al.* 2006. Protección Ambiental y Producción más Limpia. En Suplemento Especial Universidad para todos. Parte 2. La Habana: Academia. 16 p. ISBN 978-959-270-097-0
38. Serrano, J.H.; Tortosa, B.I., *et.al.* 2006. Protección Ambiental y producción más Limpia. En Suplemento Especial Universidad para todos. Parte 1. La Habana: Academia. 16 p. ISBN 978-959-270-097-0
39. Valverde, A. 2005. *Mejoramiento del sistema de distribución de vapor para el proceso de secado usado en la planta Profilac. S.A.* [en línea]. [consulta junio, 2012]. Disponible en: <http://www.utp.edu.co/php/revistas/ScientiaEtTechnica/docsFTP/150.pdf>
40. VAPENSA. Manual de tratamiento de agua de caldera. Vapor y enfriamiento, S.A. Centro Colón, Alajuela. Costa Rica.
41. Vela, F. 2005. *Validación de un sistema de vapor crítico en la industria farmacéutica: Vapor para uso farmacéutico*. Tesis presentada en opción al título Químico Farmacéutico, Universidad mayor de San Marco. [en línea]. [Consulta junio, 2012] Disponible en: <http://www.cybertesis.edu.pe/sisbib/2005/vela/pdf>.

Anexos

Anexos

Anexo No 1. Diagrama de flujo del Proceso de generación de vapor de la caldera, en la Empresa Comercializadora de Combustibles de Matanzas.



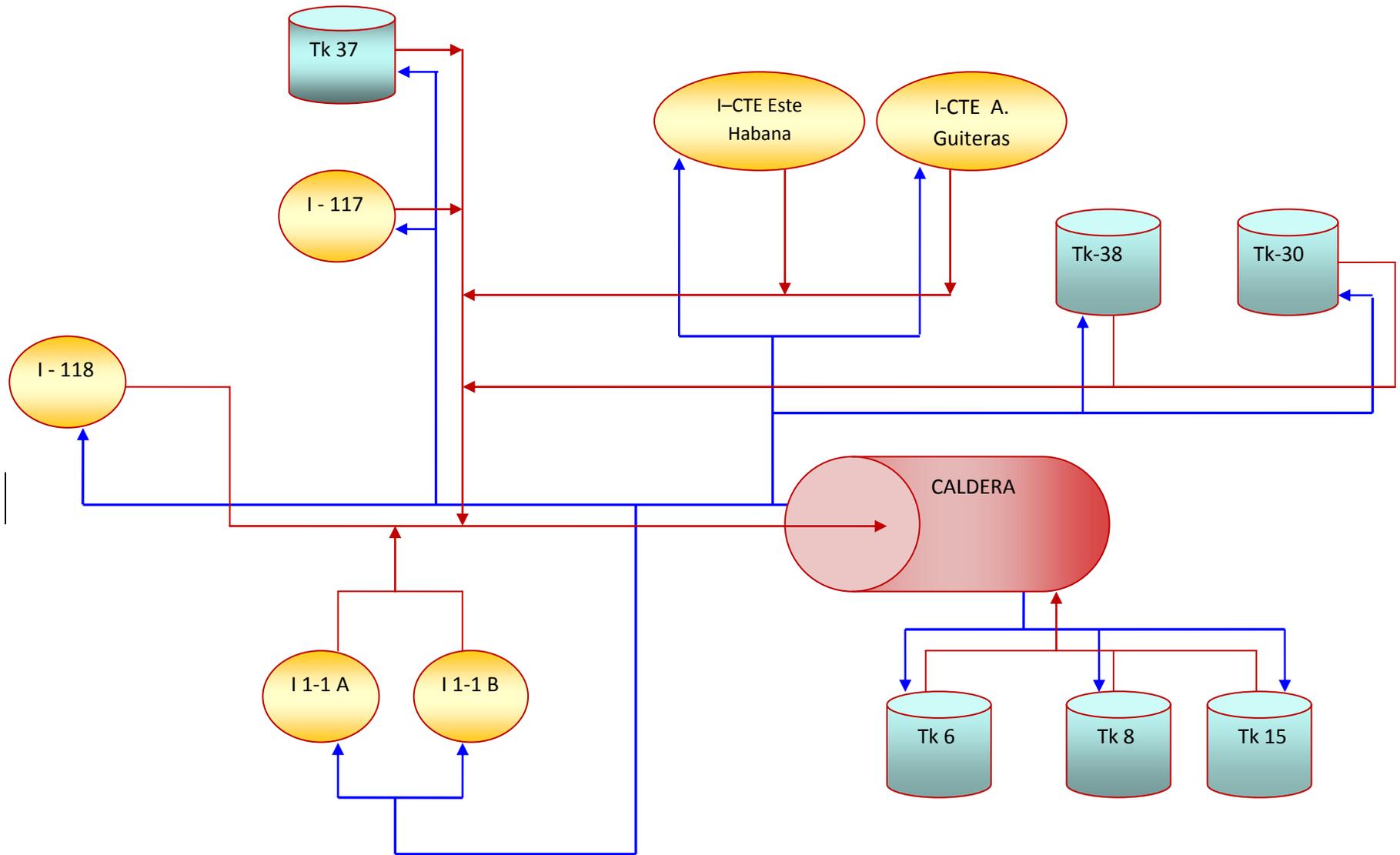
Leyenda

1. Cisterna
2. Suavizadores
3. Tanque de Agua Tratada.
4. Tanque de Alimentación de la caldera de Agua.
5. Caldera.
6. Consumidores de vapor.
7. Tanque de almacenamiento de petróleo.
8. Intercambiador de calor.
9. Tanque de alimentación de combustible con serpentines.
10. Precalentador.
11. Tanque de recuperación de condensado.

- Agua
- Combustible
- Aditivos químicos

Anexos

Anexo No 2. Diagrama de retorno de condensado a la caldera y consumidores de Vapor.



Anexos

Anexo No 3. Cálculo del VAN para el retorno del condensado

Calculo del VAN											
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	10317,90	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CF	0	153955,44	153955,44	153955,44	153955,44	153955,44	153955,44	153955,44	153955,44	153955,44	153955,44
CV	0	292812,7248	329414,315	366015,906	366015,906	366015,906	366015,906	366015,906	366015,906	366015,906	366015,906
Total de pagos	10317,90	446768,1648	483369,755	519971,346	519971,346	519971,346	519971,346	519971,346	519971,346	519971,346	519971,346
Total de cobros	0	1731033,6	1947412,8	2163792	2163792	2163792	2163792	2163792	2163792	2163792	2163792
Mov. de fondos	-10317,90	1284265,435	1464043,04	1643820,65	1643820,65	1643820,65	1643820,65	1643820,65	1643820,65	1643820,65	1643820,65
Mov. de fondos act	-10317,90	1273947,515	2737990,56	4381811,21	6025631,87	7669452,52	9313273,18	10957093,8	12600914,5	14244735,1	15888555,8
Mov.Fondos actualizado	-10317,90	1167514,032	1209952,93	1235026,79	1122751,62	1020683,3	927893,905	843539,914	766854,467	697140,424	633764,022
VAN		9614803,481									

$$CV1 = CUV * N * 0.8 = 292812,725$$

$$CV2 = CUV * N * 0.9 = 329414,315$$

$$CV3 = CUV * N * 1 = 366015,906$$

$$VP1 = pup * N * 0.8 = 1731033,6$$

$$VP2 = pup * N * 0.9 = 1947412,8$$

$$VP3 = pup * N * 1 = 2163792$$

Anexos

Anexo No 4. Cálculo del TIR para el retorno del condensado

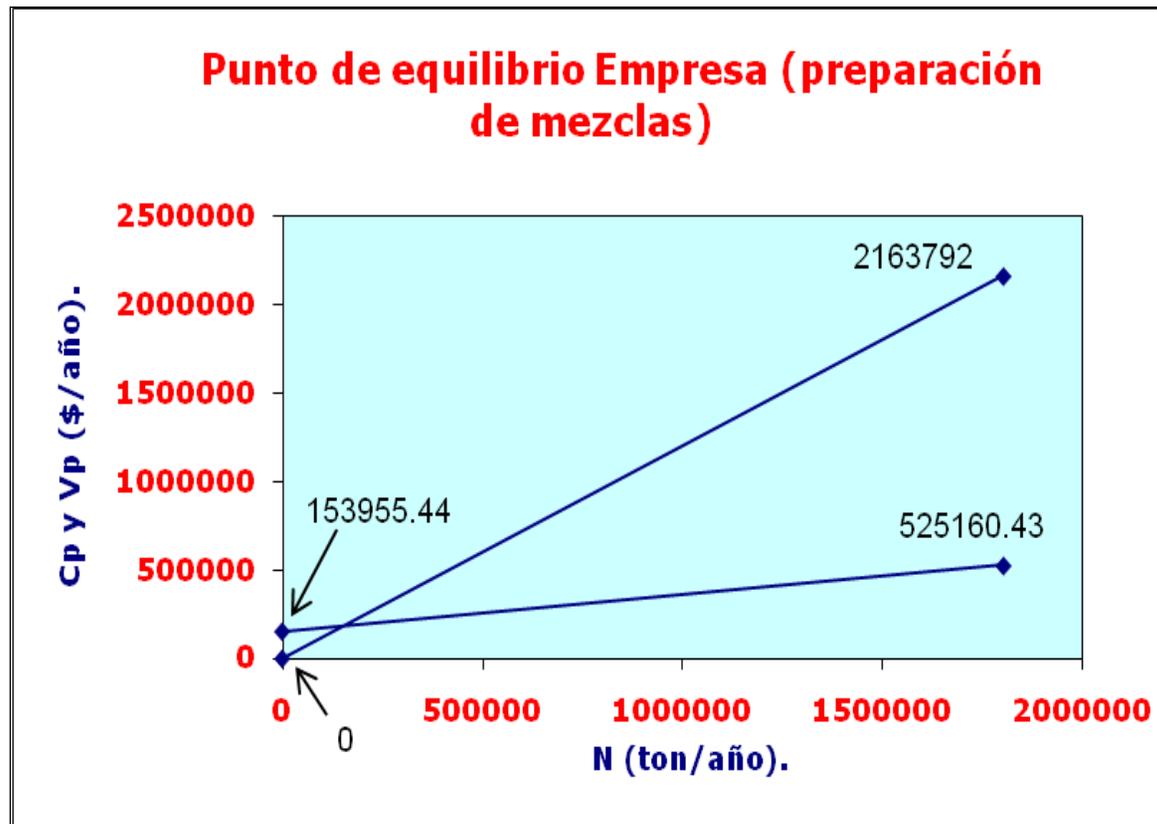
Concepto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VAN 20 % interés	-10317,9	1070221,196	1016696,56	951285,101	792737,584	660614,653	550512,211	458760,176	382300,147	318583,455	265486,213
VAN 30 % interés	-10317,9	987896,4886	866297,66	748211,495	575547,304	442728,695	340560,535	261969,642	201515,109	155011,623	119239,71
VAN 40 % interés	-10317,9	917332,4537	746960,737	599060,005	427900,004	305642,86	218316,328	155940,235	111385,882	79561,3442	56829,5315
VAN 50 % interés	-10317,9	856176,9568	650685,798	487057,972	324705,314	216470,21	144313,473	96208,982	64139,3214	42759,5476	28506,365
VAN 60 % interés	-10317,9	802665,897	571891,814	401323,402	250827,126	156766,954	97979,3462	61237,0913	38273,1821	23920,7388	14950,4618
VAN 100 % interés	-10317,9	642132,7176	366010,761	205477,582	102738,791	51369,3954	25684,6977	12842,3489	6421,17443	3210,58721	1605,29361

Anexos

Presión manométrica en el punto inicial.	P1man	1.5	1.5	1.5	1	1.5	1.5	kgf/cm ²
Pérdidas por fricción	hf	4.565865	0.175053	2.896329	10.84822	0.543644	0.4788395	m
Área de flujo	A	0.002027	0.008107	0.002027	0.002027	0.002027	0.0020268	m ²
Velocidad	v	1.0964	0.2741	2.741001	0.68525	0.2741	0.2741001	m/s
Número de Reynolds	Re	18565.71	9282.856	46414.28	11603.57	4641.428	4641.4281	
factor de fricción	f	0.027545	0.032423	0.023144	0.030677	0.039185	0.0391855	m
Presión en la intercepción.	P2	2,862	3,314	2,342	2,346	2,477	2,484	kgf/cm ²

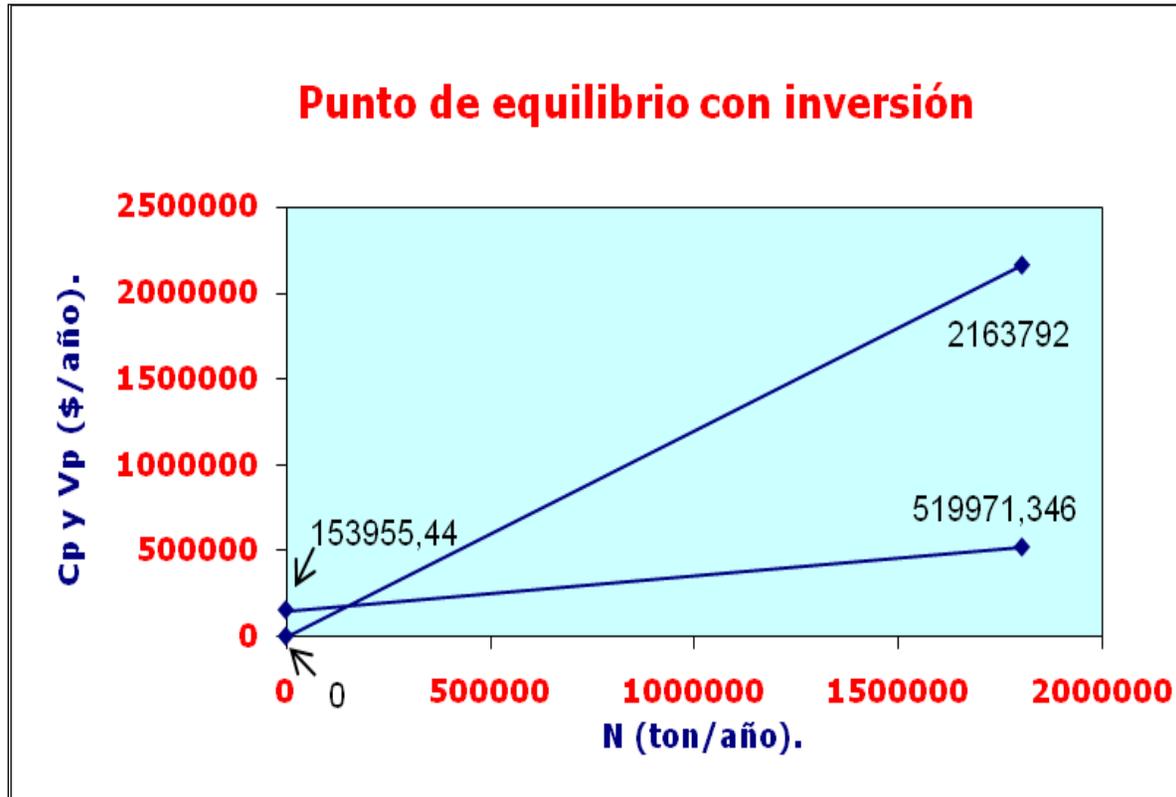
Anexos

Anexo No 6. Punto de equilibrio del comportamiento de la Empresa en el año 2013, según el costo para la producción de mezclas.



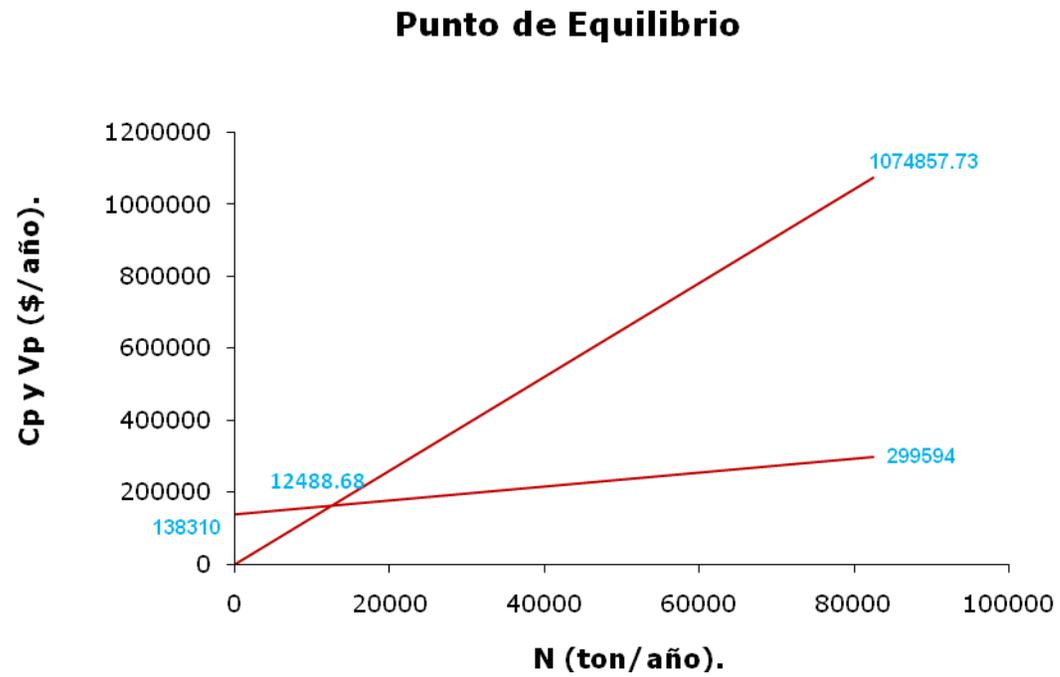
Anexos

Anexo No 7. Gráfico de Punto de Equilibrio después de realizada la inversión en la empresa.



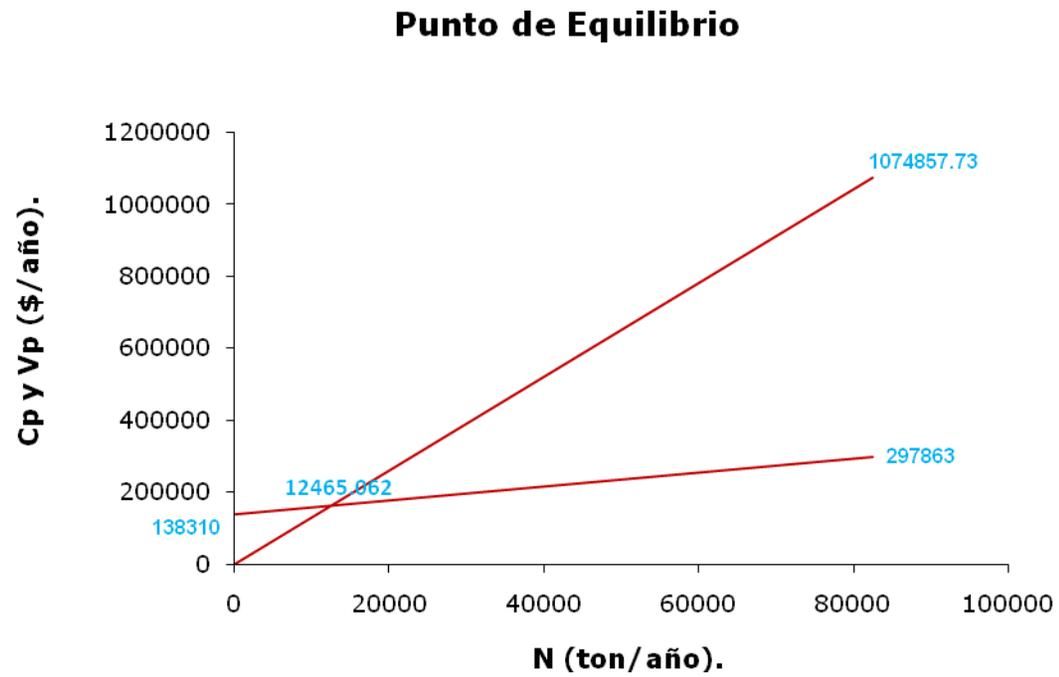
Anexos

Anexo No. 8: Gráfica punto de equilibrio antes de la variante analizada



Anexos

Anexo No. 9: Gráfica punto de equilibrio de la variante analizada



Anexos

Anexo No. 10: Cálculo del VAN y TIR

Calculo del VAN							
Concepto	0	1	2	3	4	5	
I	252597,5	0	0	0	0	0	
CF	0	77546	77546	77546	77546	77546	
CV	0	127642,4	143597,7	159553	159553	159553	
Total de pagos	252597,5	205188,4	221143,7	237099	237099	237099	
Total de cobros	0	859886,184	967371,957	1074857,73	1074857,73	1074857,73	
Movi de fondos	-252597	654697,784	746228,257	837758,73	837758,73	837758,73	
Movi de fondos acumulado	-252597	402100,304	1148328,56	1986087,29	2823846,02	3661604,75	
Mov F actualizado	-252597	595179,8036	616717,568	629420,533	572200,485	520182,259	
VAN		2681103,169					
	PRI	0,385823026	4,62987631				
	CV1= CUV*N*0.8 =	127642,4		VP1= pup*N * 0.8=	859886,18		
	CV2= CUV*N*0.9=	143597,7		VP2= pup*N * 0.9=	967371,96		
	CV3= CUV*N*1 =	159553		VP3= pup*N * 1=	1074857,7		
Calculo del TIR							
Concepto	0	1	2	3	4	5	VAN
VAN 20 % interés	-252597	545581,4867	518214,067	484814,08	404011,733	336676,444	2036700,33
VAN 30 % interés	-252597	503613,68	441555,182	381319,404	293322,618	225632,783	1592846,19
VAN 40 % interés	-252597	467641,2743	380728,703	305305,66	218075,471	155768,194	1274921,82
VAN 50 % interés	-252597	436465,1893	331657,003	248224,809	165483,206	110322,137	1039554,86
VAN 60 % interés	-252597	409186,115	291495,413	204530,94	127831,837	79894,8984	860341,724
VAN 100 % interés	-252597	327348,892	186557,064	104719,841	52359,9206	26179,9603	444568,198