

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

"Conversión de un depósito de aceites usados en una planta
regeneradora de combustibles"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN
Examen Complexivo

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Franklin Xavier Coronel Álvarez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2015

AGRADECIMIENTO

A mis Padres que hicieron posible mi educación y me guiaron en cada momento de mi vida.

A mi señora y amigos que de alguna manera colaboraron con la realización de este Trabajo Final de Graduación.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MI FAMILIA

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Juan Peralta Jaramillo Phd.

Emérita Delgado Plaza Phd.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de examen complejo me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Franklin Xavier Coronel Álvarez

RESUMEN

La motivación de este proyecto fue la necesidad de lograr la regeneración de aceites minerales, un combustible con menor cantidad de lodos y aguas para las cementeras del país. Por medio de la conversión de un depósito de aceites usados en una planta para obtener un combustible alternativo mediante regeneración.

Iniciamos con una inspección, tomando dimensiones del terreno, ubicación de tanques, revisando su estado, equipo de bombeo y drenajes.

Luego se diagramo el sistema de regeneración para lo cual se requería, eliminar lodos y humedad, para poder hacerlo se necesitaban un tanque esbelto que facilite la decantación de lodos y agua, y otro tanque para la deshidratación forzada del agua en emulsión con el hidrocarburo, transfiriendo calor al depósito a través de un intercambiador de calor dentro del mismo por el cual fluiría vapor generado por una Caldera. Por este efecto se generará vapor que debía ser condensado, para esto se dispuso aprovechar los tanques con los que ya se contaba, instalando en su interior tuberías para condensarlo y calentar el hidrocarburo.

Una vez claro con las necesidades se evaluó los requerimientos en capacidades de bombeo, de Caldero y de los nuevos tanques.

A continuación se empezó la preparación de cimentación para los nuevos tanques con sus respectivos sistemas de llenado y desalojo, la instalación de una Caldera con sus sistemas de alimentación de combustible y agua, así

como el sistema de tuberías para el vapor generado con sus accesorios requeridos. Por último la instalación de tuberías para el vapor generado por el efecto de la deshidratación para condensarlo.

Después de las pruebas de funcionamiento se empezó a producirse aceite regenerado, objetivo de esta Conversión.

La conversión a planta Regeneradora implicó un cambio en el flujo de combustible que ingresaba al antiguo Depósito (crudo unos 4000 a 8000 gal. por día) y el que se despachaba (regenerado unos 10000 gal. cada dos días), por lo consiguiente también los ingresos de la empresa, así como dio nuevas fuentes de trabajo al necesitarse operadores para la Caldera, y analistas para el control de Calidad.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
ÍNDICE GENERAL	IV
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
INTRODUCCIÓN	IX
CAPÍTULO 1	
1. ANTECEDENTES	10
1.1. Aceites usados minerales	10
1.2. Manejo de Aceites Usados	11
1.3. Regeneración de Aceites Usados	12
1.4. Etapas del proceso de Regeneración	13
CAPÍTULO 2	
2. SITUACIÓN INICIAL	17
2.1. Ubicación	17
2.2. Capacidades de almacenamiento y equipos	17
2.3. Volúmenes y % de humedad del aceite usado que se recibe	18
2.4. Tratamiento	18
CAPÍTULO 3	
3. PROCESO DE CONVERSIÓN	19

3.1. Detección de necesidades	19
3.2. Conversión del Depósito a planta Regeneradora	20
3.3. Proceso en planta	25
CAPÍTULO 4	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	27
APÉNDICES	
BIBLIOGRAFÍA	

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
TFG	Trabajo final de Graduación
ASTM	American Society for Testing and Materials
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
PCI	Poder Calorífico inferior
SCH	Espesor de tuberías

SIMBOLOGÍA

H_2O	Agua
"	Pulgadas
in^2	Pulgadas al cuadrado
HP	Caballos de fuerza
BHP	Caballos de fuerza para calderas
psig	Libras por pulgada cuadrada manométricas
°C	Grados Celsius
m	Metro
cm	Centímetros
mm	Milímetros
gal	Galones
quart	¼ de galón
gal/día	Galones por día
gpm	Galones por minuto
litros/Km ²	Litros por kilómetros cuadrados
%	Porcentaje
USD/t	Precio en dólares americanos por tonelada
ml	Mililitros

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Muestra la generación de aceites usados en lubricadoras	12
Figura 1.2. Muestra la recolección y transporte de aceites usados	14
Figura 1.3. Muestra la recepción de aceites usados	15
Figura 2.1. Foto de la planta de Regeneración de Serviresiduos S.A.	17
Figura 2.2. Esquema que describe la actividad del Depósito	18
Figura 3.1. Diagrama del nuevo proceso de Regeneración	20
Figura 3.2. Foto que muestra al tanque destilador que se instaló	22
Figura 3.3. Foto que muestra el Caldero que se instaló	22
Figura 3.4. Foto que muestra la disposición de la tubería de descarga de vapor del destilador	23
Figura 3.5. Foto que muestra la descarga de vapor generado del destilador hacia los tanques de 15000 galones	24

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del siguiente TFG abarca principalmente lo siguiente:

En el capítulo 1 se describe que son los aceites minerales usados, sustancias y metales que a estos aceites se mezclan, su degradación y su poder contaminante. Así como también su manejo y en que consiste la Regeneración de estos aceites con sus etapas.

En el capítulo 2 ahora describiremos la situación inicial del Depósito a convertir, su ubicación geográfica, sus capacidades de almacenamiento en los tanques y equipos con los que se disponía, los volúmenes diarios y porcentajes de humedad promedio que se recibía de aceites usados, y el leve tratamiento que apenas recibía este hidrocarburo.

Con estos antecedentes, en el capítulo 3 se realizará la explicación del proceso de conversión, iniciando con la detección de necesidades para la Regeneración de este combustible, luego el nuevo proceso de funcionamiento y la distribución que ahora tendrán tanques, equipos, tuberías y accesorios, para terminar describiendo el proceso propiamente dicho de Regeneración.

Finalmente en el capítulo 4 se darán las respectivas conclusiones y recomendaciones del proceso de Conversión que fue propuesto.

CAPÍTULO 1

1. ANTECEDENTES

1.1 ACEITES USADOS MINERALES

Durante el uso de aceites minerales con base en petróleo, impurezas tales como desechos de metal, agua o sustancias químicas pueden mezclarse con el aceite.

Después de su uso, el aceite adquiere concentraciones de metales pesados. Además, se encuentran con frecuencia solventes clorados en los aceites usados, principalmente por contaminación durante el uso (reacción con compuestos halogenados de aditivos) o por la adición de estos solventes por el generador. La presencia de solventes clorados, junto con altas concentraciones de algunos metales pesados constituyen la principal preocupación de los aceites usados. (Gonzalo, Aceite lubricante usado, 1999)

Cabe agregar que este aceite usado es insoluble, duradero y puede contener sustancias químicas tóxicas. Siendo su proceso de degradación muy lento. Y posee una alta adherencia a todo por eso su alta capacidad de contaminar (Tabla con características ver Apéndice A). (Gonzalo, Aceite lubricante usado, 1999)

1.2 MANEJO DE ACEITES USADOS

La incorrecta disposición del aceite usado ha causado graves problemas de contaminación de suelos, agua y aire. En el suelo daña el humus vegetal, debido a que están compuestos por sustancias no degradables, afectan la fertilidad de la tierra para siembra y a la calidad de la capa freática, dada su capacidad de infiltración.

Asimismo, en el agua impide la oxigenación al formarse una película, lo que afecta a los diversos seres que en ella habitan y al ecosistema circundante. Si es vertido a los cuerpos de agua, bien directamente o por el alcantarillado, produce una película impermeable que puede propagarse muy rápidamente con una película delgada de 0.2 – 1 mm. Esta película llega a ser muy visible en una relación de 300 litros/km² de superficie. Para el aire, la combustión no controlada en algunos casos provoca emisiones contaminantes de metales pesados, derivados de Cloro y Azufre que contaminan significativamente. (Caicho, 2011)

Es por esto la importancia para el país de que la regeneración de aceites minerales sea una opción a considerar tanto por la empresa privada como por el estado. Aparte de que se está perdiendo una fuente de energía ya que de un galón de aceite usado se recupera 2 ½ quarts de aceite base,

mientras que de 42 galones de petróleo crudo se obtiene la misma cantidad. (Caicho, 2011).



Figura 1.1: Muestra la generación de Aceites usados en lubricadoras

1.3 REGENERACION DE ACEITES USADOS

La regeneración es el proceso industrial mediante el cual se trata a estos aceites usados para su recuperación ya sea esta para una posterior refinación para llevarlo otra vez a aceite base y luego de aditivarlo elaborar nuevos lubricantes, o para su uso como un combustible alternativo por su alto poder calorífico y estabilidad utilizado en cementeras e industrias similares. (Suntaxi, 2012)

Lo más importante de este proceso es que convierte un residuo altamente contaminante en una materia prima para la industria Cementera especialmente. Y en el caso de la refinación estos volúmenes pueden ser regenerados indefinidamente.

Inicialmente consiste en una recolección adecuada de este aceite ya utilizado, luego se dispone en tanques preferiblemente con base cónica y lo suficientemente esbeltos.

Después de la decantación se drena el agua del cono del tanque y se transfiere el aceite usado desde una altura que asegure que los lodos se queden en el cono del recipiente, hasta el tanque destinado a la deshidratación donde se obtiene vapor al forzar el cambio de fase del agua emulsionada, a través de la adición de Calor.

Obteniéndose con este proceso un combustible con humedades menores a 2,0% y escasos lodos. Que puede luego de una refinación ser llevado a base lubricante o como combustible.

1.4. ETAPAS DEL PROCESO DE REGENERACIÓN

Una efectiva regeneración debe cumplir las siguientes etapas:

- **Recolección.**- Para una adecuada recolección deberá seguirse la ley de Gestión Ambiental, el reglamento para la prevención y control de la contaminación por desechos peligrosos del Ministerio de Ambiente y ordenanzas sobre Gestión ambiental del Municipio del Cantón, donde es realizada. Para esto el generador de estos aceites deberá hacer un almacenamiento temporal para que luego un Gestor Ambiental calificado haga la recolección en el lugar donde es generado de forma técnica y

llenando la correspondiente documentación. Esta recolección se hará en auto-tanques herméticos.

- Transporte.- Esta transferencia de los volúmenes desde el generador hasta las plantas generadoras debe hacerse en forma directa. Con controles exhaustivos que detecten derrames, revisando accesorios, válvulas y equipos de bombeo.



Figura 1.2: Muestra la recolección y transporte de Aceites usados

- Recepción.- Será importante registrar a dicho generador del aceite, fecha de recolección y de recepción de los mismos. Es importante recalcar que los cuidados para evitar contaminación deben mantenerse.



Figura 1.3: Muestra la recepción de Aceites usados

- Almacenamiento.- Deberá direccionarse a un tanque determinado según las características principales de dichos aceites como porcentaje de humedad y lodos presentes. En lo posible se recomienda que estos tanques tengan una base cónica y una esbeltez con respecto a su diámetro que faciliten la decantación de agua y lodos, y con esto lograr un pre tratamiento.
- Tratamiento de Regeneración.- Después de transferir volúmenes desde los tanques de almacenamiento hasta el tanque de destilación atmosférica, de tal forma que lo trasvasado contenga menor contenido de agua y lodos, inicia el proceso de destilación para lo cual se utiliza un intercambiador con forma de serpentín que conduce vapor generado desde una caldera. Quedando luego de su deshidratación un volumen

inferior pero con niveles menores a 2 % de humedad por unidad de volumen. Que lo convierten en un apreciado combustible alternativo para la industria cementera al ser su costo inferior al fuel oil.

- Despacho.- Al salir este combustible del destilador a una temperatura alta se transfiere a otras cisternas para su posterior despacho a temperaturas manejables. De igual forma que para la recepción deberá llenarse los respectivos registros del combustible despachado.

CAPÍTULO 2

2. SITUACIÓN INICIAL

2.1 UBICACIÓN

El depósito de combustibles de Serviresiduos S.A. está ubicado en la parroquia 5 de Junio, Cantón Milagro, Provincia del Guayas (Coordenadas ver Apéndice B).



Figura 2.1: Foto de la Planta de Regeneración de SERVIRESIDUOS

2.2. CAPACIDADES DE ALMACENAMIENTO Y EQUIPOS

Este depósito contaba con algunos tanques para el almacenamiento y disposición del aceite usado, y otros equipos siendo estos:

1. Un tanque cilíndrico vertical con base plana de 19000 galones
2. Dos tanques cilíndricos horizontales de 15000 galones
3. Un motor-bomba 20 HP centrífuga de 3" succión y descarga con un caudal medio de 50 gpm.
4. Línea de tubería de 4".

5. Unidad de recepción y de despacho con mangueras de 4"
6. Trampa de grasas

2.3 VOLUMENES Y % DE HUMEDAD DEL ACEITE USADO QUE SE RECIBE

El aceite usado que era recibido principalmente provenía de las lubricadoras de Guayaquil y Milagro, se recibía una media de 4000 galones/día de aceite con humedad promedio del 25 % (Porcentajes de humedades de aceites usados ver en Apéndice A).

2.4 TRATAMIENTO

Dada las condiciones de tan solo recibir, almacenar y despachar, los aceites usados solo podían tener un pre-tratamiento, es decir eliminación de algo de agua y lodos después de muchas horas de decantación, lo que obligaba a extraerlo desde una altura de al menos 15 cm desde la base del tanque.

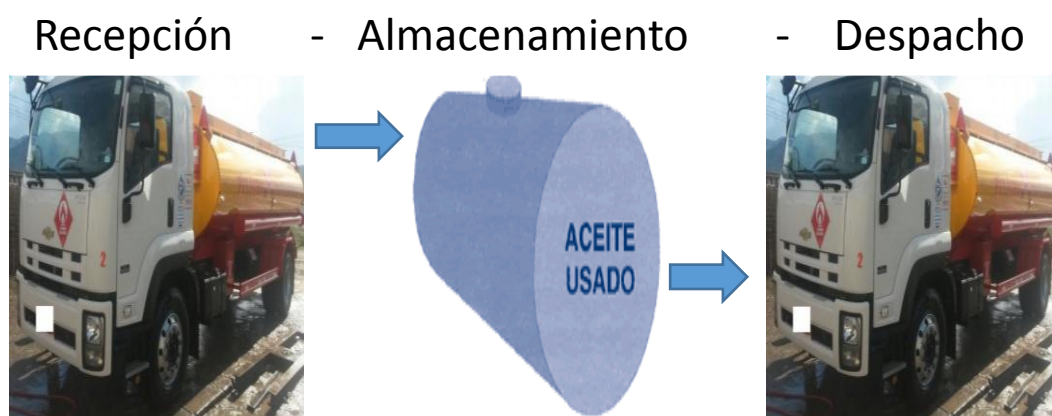


Figura 2.2: Esquema que describe la actividad del Depósito

CAPÍTULO 3

3. PROCESO DE CONVERSIÓN

3.1 DETECCIÓN DE NECESIDADES

Dadas las condiciones iniciales del depósito para poder convertirlo en una planta regeneradora se necesitaba realizar cambios, adecuaciones y montaje de nuevos equipos, tales como:

1. Caldero.
2. Tanque con intercambiadores de calor (serpentes).
3. Tanque para el pre-tratamiento con base cónica.
4. Nueva tubería para combustible crudo, en proceso y tratado.
5. Tubería de descarga de vapor generado del destilador a otros tanques para su condensación.
6. Serpentes para el destilador y para los tanques que se usaran para la condensación.
7. Aislamiento adiabático al tanque destilador.
8. Cimentaciones para cada uno de los nuevos tanques y caldero a instalar.
9. Línea de vapor con accesorios desde el caldero hasta los nuevos intercambiadores.
10. Instrumentos de medición para presión y temperatura.

3.2 CONVERSIÓN DEL DEPÓSITO A PLANTA REGENERADORA

Conocidas las necesidades se debe establecer el proceso de funcionamiento y la distribución de los equipos y tanques, el cual se ideó para que su operación sea lo más sencilla posible, como nos lo describe el siguiente diagrama:

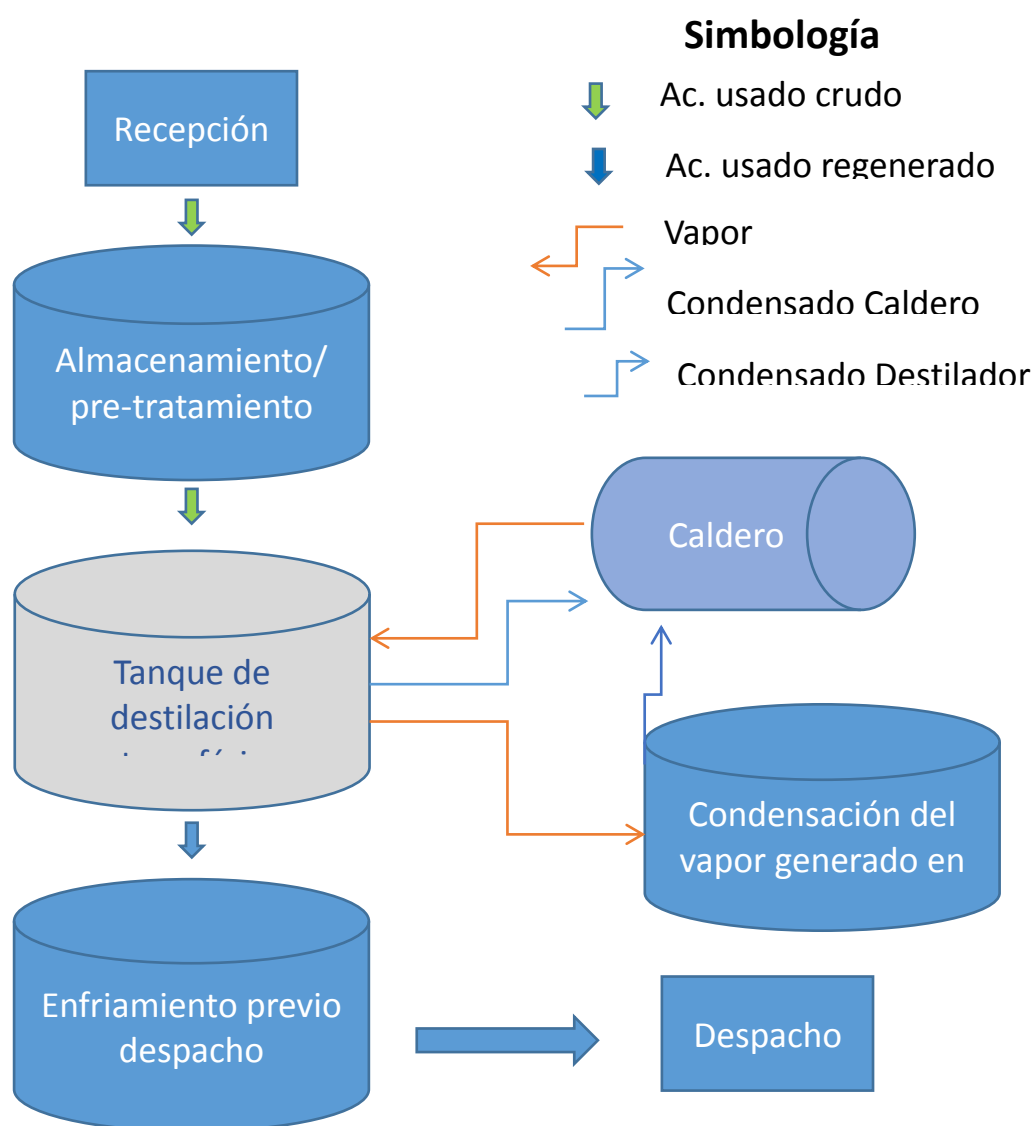


Figura 3.1: Diagrama del nuevo proceso de Regeneración

El primer equipo a dimensionar fue el tanque destilador, el cual deberá tener un volumen similar a la de los retiros que se realizan en auto-tanques de 9000 a 10000 galones. Por lo que se solicitó a la Gerencia un tanque con una capacidad de 11000 galones.

Después de un análisis para el diseño de uno nuevo o la búsqueda de algún tanque usado que se ajuste a nuestros requerimientos. Se encontró un tanque con capacidad de 8600 galones (cálculos ver Apéndice C) con base cónica que fue el que se terminó instalando al estar en buenas condiciones y precio razonable. Tanque al cual se les instalo dos serpentines en su interior (detalles de disposición y áreas ver Apéndice D) y las respectivas líneas de entrada de vapor y salida de condensado, así mismo para evitar pérdida de calor por radiación se forro el tanque con una capa de lana de vidrio de 1½ pulgadas de espesor, cubierta por planchas ASTM A653-1/16" remachadas sobre la superficie lateral del destilador. Para control de temperatura se instaló un termómetro de reloj con una longitud de varilla de inmersión hasta el sensor de 1 metro, dispuesto en forma transversal a 2 metros medidos desde la base. También en este tanque se acopló en su pared un tomador de muestra usando tubería de ½ pulgada, dispuesta a 1 metro de altura respecto a la base.



Figura 3.2: Foto que muestra a el tanque destilador que se instaló

El volumen de destilación es de 8600 gal, ya que no se considera el cono porque este producto siempre tendrá lodos y agua, siendo la extracción o la descarga del tanque por encima del cono.



Figura 3.3: Foto que muestra el Caldero que se instalo

Otro equipo importante es el caldero, él que se instaló fue un York Shipley de 150 BHP (características ver Apéndice E), que proporcionaría el vapor para la transferencia de calor en el destilador. Para que dicha transferencia sea óptima había la necesidad de recircular el volumen a destilar, de esta manera se generaría una mejor convección y turbulencia.

Es por esto que se consideró instalar una nueva bomba de mayor capacidad en caudal y presión de trabajo. Siendo esta bomba centrífuga de 4" succión y descarga, caudal nominal de 500 galones por minuto y un cabezal nominal 30 m.



Figura 3.4: Foto que muestra la disposición de la tubería de descarga de vapor del destilador

Una vez que el destilador empezara su función se generaría un flujo de vapor que como ya se tenía estimado se deberá condensar en los tanques de almacenamiento de 15000 galones, para esto se deberá instalar una tubería de 8" (plancha rolada ASTM A36-1/8") de 12 m en el tramo más largo y una bifurcación tipo "Y" con un tramo más corto de 5 m, dispuestas espacialmente. Los acoples se harán con uniones bridadas y codos. Con lo cual permitiremos el flujo de vapor del destilador a los tanques de 15000 galones.

Lograr la condensación de esta masa de vapor se facilitará ubicando también intercambiadores que se distribuirán longitudinalmente a lo largo del tanque de 15000 galones se usó también tubería de 1 ¾" ASTM A53-SCH40 en 8 tramos de 3 m unidos mediante acoples soldados tipo "U".

Al mismo tiempo se fueron instalando las tuberías de 4 pulgadas ASTM A53-SCH40 para alimentación y descarga de aceite de los tanques.



Figura 3.5: Foto que muestra la descarga de vapor generado del destilador hacia los tanques de 15000 galones

Es de notar que todos los equipos y dispositivos nuevos debieron contar con la respectiva cimentación acorde para cada caso, que garantice un funcionamiento seguro de la planta. En función al peso de los equipos y la vibración que pudieran generar el Caldero y la bomba de recirculación.

3.3 PROCESO EN PLANTA

Terminada la instalación de los equipos, se puso en marcha el proceso empezando con la transferencia al destilador de los 8600 galones de aceite que se habían dejado decantar previamente en los tanques de almacenamiento inicial de 15000 galones, con el caldero en funcionamiento y levantando presión se abre el paso de vapor a los serpentines del destilador, al mismo tiempo se acciona la bomba de recirculación de aceite. La presión de trabajo del caldero será constante de 100psig (condiciones de operación del caldero ver Apéndice F), vapor que suministra el calor necesario para aumentar la temperatura de aceite crudo desde la Temperatura ambiente hasta 100°C.

Este incremento de energía produce la disminución de la humedad en el volumen en proceso por la evaporación, inicialmente la temperatura del producto aumentará lentamente pero será más veloz este aumento de temperatura al haber menos agua en dicho volumen, es por esto que al llegar a 131°C un control automático de seguridad enviara la señal para apagar el Caldero.

Teniendo en cuenta que el porcentaje de humedad promedio con el que se recibe aceite es del orden del 25 % y nuestro objetivo es llevarlo hasta un valor de 1.0 %. El volumen a evaporar en el tanque destilador a través del proceso será el siguiente:

$$8600 \text{ gal} * (25 - 1)/100 = 2064 \text{ gal}$$

Entonces de aceite regenerado se obtendrán entonces:

$$8600 \text{ gal} - 24*(8600\text{gal})/100= 6536 \text{ gal aceite}$$

Para monitorear el proceso se tomaron muestras a diferentes niveles del tanque, determinando su humedad que al final deberá estar homogeneizada y cercana a 1% (Detalle del análisis a muestras ver Apéndice G). El producto ya listo es transferido al tanque de 19000 galones.

Es de notar que el vapor generado por la destilación se condensa en los tanques de 15000 galones al ser conducido por la tubería y serpentines respectivos, luego de tratarla y ablandarla esta agua resultado de la condensación, es usado para el Caldero. Es de anotar que este vapor al condensarse calienta el producto crudo que ingresará al proceso, con lo cual usamos menos energía proporcionada por el Caldero.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La conversión del depósito de aceites usados en una planta regeneradora proporcionó a la empresa una mejora de ingresos, ya que antes su producto que era recibido a un precio inferior, ahora recibe premio por calidad en las Cementeras (Tabla con precios según % de humedad y PCI ver Apéndice H). Además de que su aporte para que este producto contaminante tenga un destino final seguro tendrá una influencia medioambiental significativa en su área de influencia, al haber aumentado de 4000 gal a 8000 gal lo recibido y despachar 10000gal de regenerado cada dos días. Así como también este nuevo proceso en planta abrió nuevas plazas de empleos al necesitarse dos operadores para el Caldero, dos analistas para el control de calidad y más Gestores Ambientales, que aseguren que la operación del proceso sea continuo y con niveles de calidad requeridos por las Cementeras que son los clientes finales.

Recomendaríamos acordar con los Gestores Ambientales que los niveles de humedad en los aceites que ellos ingresen a la planta sean los menores posibles, de tal forma que no provoquen subir el promedio de humedad por encima del 25%, ya que esto demoraría el proceso y obligaría a más consumo de energía. Así como también el cuidado en la temperatura del destilador no puede dejar de ser monitoreado porque por encima de 131°C

la operación se vuelve riesgosa. Finalmente es importante mejorar la velocidad del proceso para obtener una carga de 10000 gal/día, colocando al menos dos serpentines más de iguales características a los instalados y al mismo tiempo conseguir un caldero que nos duplique el flujo másico de vapor.

APENDICES

APÉNDICE A

Parámetros físicos y químicos de un análisis de 29000 muestras de aceites usados (1995-2005)			
Parámetro	Unidades	Min-Máx.	Media
Valor calorífico	MJ/kg	9,7-48,2	39,1
Contenido de agua	%	0,1-35	10
Temp. De inflamación	°C	21-232	55
Ceniza	%	1,3	s/i
Contenido de aceite	%	99	99
PCBs	mg/kg	0,06-237	0,6
Antimonio	mg/kg	0,13-9,0	0,9
Arsénico	mg/kg	0,1-14,0	1
Plomo	mg/kg	0,012-3000	15,5
Cadmio	mg/kg	0,08-5,0	0,1
Cromo	mg/kg	1,0-76,6	5
Cobalto	mg/kg	0,5-6,0	0,6
Cobre	mg/kg	3-270	9,65
Manganeso	mg/kg	4,1	s/i
Níquel	mg/kg	1-40,2	5
Mercurio	mg/kg	0,01-5,0	0,1
Selenio	mg/kg	2,1	s/i
Teluro	mg/kg	0,1	s/i
Talio	mg/kg	< 0,1	< 0,1
Vanadio	mg/kg	2,1	s/i
Estaño	mg/kg	0,5-8,0	5
Zinc	mg/kg	26-8000	340
Cloro	%	0,01-1,0	0,1
Fuente: Base de datos ABANDA (Abfallanalydatenbank), Alemania			

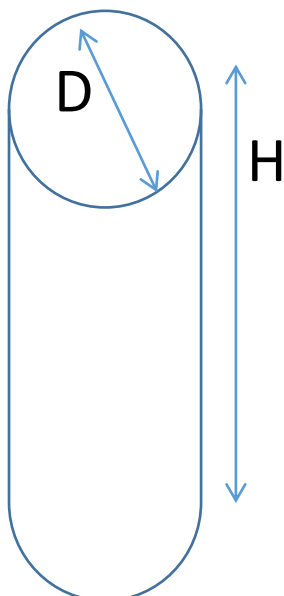
APÉNDICE B

Coordenadas UTM, DATUM (WGS-84) de Planta SERVIRESIDUOS Milagro		
Puntos	N	E
P1	9758076	17653904
P2	9758044	17653920
P3	9758121	17653977
P4	9758086	17654001
P5	9758082	17653949

Fuente: Estudio de Impacto Ambiental
SERVIRESIDUOS S.A.

APÉNDICE C

Cálculo de Áreas y Volumen del tanque Destilador.



$$D = 2,7\text{m y } H = 5,7\text{m}$$

$$A_t = A_l + A_b$$

$$A_b = \pi \frac{(2,7\text{m})^2}{4} = 5,726 \text{ m}^2$$

$$A_l = \pi D * H = \pi (2,7\text{m}) * 5,7\text{m} = 48,349 \text{ m}^2$$

$$V = A_b * H = 5,726 * 5,7\text{m}^3 = 32,638\text{m}^3$$

$$V = 32,638\text{m}^3 * \frac{1000 \text{ dm}^3}{\text{m}^3} * \frac{\text{gal}}{3,785 \text{ l}} =$$

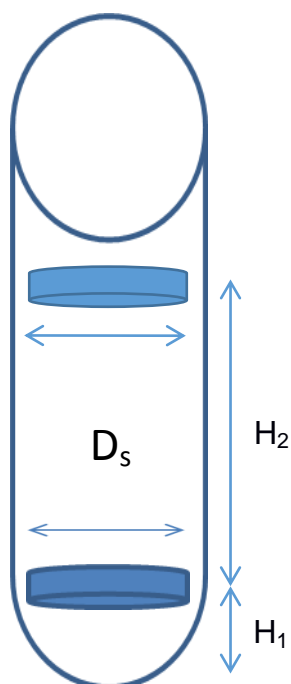
$$8623,04\text{gal}$$

$$V \approx 8600 \text{ gal}$$

APÉNDICE D

Serpentines del tanque destilador, disposición y áreas

Serpentines
tipo hornilla
obtenidos de
rolar tubería en
forma de
espiral
apretado



Se dejó 0.3m entre la
periferia del serpentín y la
pared del tanque para
facilitar mantenimientos.

Por lo que $D_s = 2.1\text{m}$

$$A_s = \pi \frac{(2.1\text{m})^2}{4} = 3.464 \text{ m}^2$$

Considerando las áreas
superior e inferior de los 2
serpentine

$$4 * A_s = 4 * 3.464 \text{ m}^2 = 13.856 \text{ m}^2$$

Y

$$H_1 = 0,5 \text{ m desde la base,}$$

$$H_2 = 3,5 \text{ m}$$

APÉNDICE E

150 hp SB York Shipley Boiler

BOILER Performance & Design Characteristics		
I	Boiler Model Number	YSG MODEL 560-SPH-S150 SB
II	Quantity of Boilers	1
III	Boiler Horse Power	150 BHP
IV	Boiler Capacity	5175 pounds per Hour steam
V	Boiler Output	5022000 btu/Hour Output
VI	Boiler Design Pressure	150 psig SP
VII	Boiler Operating Pressure	Up to 135psig SP
VIII	Heating Surface-Fireside	750 Square feet
IX	ASME Construction	Section 1, Power Boilers, ASME Code
X	Boiler Pressure Vessel Type	Three Pass Dryback Scotch Marine Fire tube Boiler
XI	Performance Steam Quality	99.5% or greater dry saturated steam
XII	Furnace Diameter & Type	24 ¼" Inside Diameter, 125 ¾" Length
XIII	Boiler Pressure Drop	2.00" w.c.
XIV	Burner Manufacturer	Power Flame Burner, furnished to YSG
XV	Burner Model Number	Power Flame Burner, C4-GO-30
<p>GENERAL DESCRIPTION: The unit is a three pass, dryback boiler, designed, constructed, inspected and certified in accordance with Section I, Power Boilers, of the ASME Boiler & Pressure Code with heavy wall steel furnace, complete with (6) - ASME Handhole Inspection Openings and (1) - 12" x 16" ASME Manhole Inspection Opening in the shell. The boiler assembly includes gas tight front and rear combustion gas turn spaces; refractory lined rear turn space at the end of the furnace with a refractory lined rear door supported from a shell mounted hinged davit; split front doors with internal insulation panels and two steel rear third pass covers bolted in place. The boiler assembly includes a flanged vertical vent connection, rear furnace observation port, painted steel jacketing with 2" fiberglass insulation and open bottom, lifting lugs for rigging, fabricated steel base w/ saddles and skids, front door mounted fireside cleanout opening, with fireside gaskets.</p>		
Fuente: York & Shipley Boilers, Inc.		

APÉNDICE F

Condiciones de operación del Caldero

Por ser un caldero usado al que se le había reparado todos los tubos, el encargado de darle mantenimiento recomendó no operarlo por encima de 110 psig. Por lo que se lo calibró para trabajar a 100 psig.

Entonces las condiciones de operación fueron:
 $P = 100$ psig, $T = 169^{\circ}\text{C}$, de la tabla de vapor saturado $h_v = 2764.04$ KJ/kg.

APÉNDICE G

Detalle de análisis de muestras del aceite usado en proceso

1. Se toma la muestra desde el nivel de 1 metro desde la base del destilador (ubicación de la tubería para la toma de muestras en baldes de 2 l).
2. Estas muestras se colocan en vasos de precipitación de 1000 ml. Muestras que son pesadas en una balanza digital anotándose el peso bruto, la tara debió ser pesada previamente. Con estos datos de peso bruto y tara por diferencia obtenemos el peso neto de la muestra P_c .
3. Los vasos con este volumen se ponen a llama alta, midiendo el aumento de temperatura del fluido a través de un termómetro de bulbo (0-150°C), hasta llegar a los 130°C instante que la llama es apagada.
4. Se deja enfriar hasta una temperatura manejable, procediendo luego a pesar el producto seco P_s .
5. Luego se hace la diferencia entre los pesos y se divide para el peso inicial, ese cociente se multiplica por 100 y se obtiene el % de humedad de la muestra



$$\% \text{ Humedad de la muestra} = \frac{[P_c - P_s]}{P_c} * 100$$

APÉNDICE H

Precio del aceite usado desde Mayo 2015				
Humedad min [%]	Humedad max[%]	Precio [USD/t]	PCI > 35000	PCI > 35000
0	10,00	95	35,00	>35
10,01	11,00	93,00	34,30	34,99
11,01	12,00	91,00	33,70	34,29
12,01	13,00	89,00	33,10	33,69
13,01	14,00	87,00	32,60	33,09
14,01	15,00	85,00	32,00	32,59
15,01	20,00	70,00	31,00	31,99
20,01	25,00	60,00	MENOS DE 31000 SE RECHAZA EL EMBARQUE	
25,01	30,00	50,00		
30,01	40,00	30,00		
40,01	50,00	0,01		
Fuente: Holcim Ecuador S.A. (Mayo 2015)				

BIBLIOGRAFÍA

1. Caicho, S. (2011). Depuración de Aceites usados. Guayaquil.
2. Gonzalo, B. R. (1999). Aceite lubricante usado. Chile.
3. Sigaus. (2006). Una solución al aceite industrial usado. Revista Tope - Tecnología. España
4. Suntaxi, J. (2012). Propuesta para el manejo de flúidos contaminantes de un taller automotriz en el sur de Quito. Latacunga.