

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL**



**“PROYECTO DE EVALUACION DE COMBUSTIBLE A
EFICIENCIA MAXIMA DEL HORNO PROCESO
DESTILACION PRIMARIA EN REFINERIA PUCALLPA”**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUIMICO**

POR LA MODALIDAD DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

PRESENTADO POR:

PERCY ARTURO GARCIA AQUINO

**LIMA-PERU
2007**

DEDICATORIA

Este presente trabajo de mi experiencia profesional es dedicado a mis ex-profesores de la Facultad de Ingeniería Química de la UNI, compañeros de trabajo del área de Refinación de la empresa de petróleo ubicado en la selva peruana, por el apoyo y las facilidades brindadas, y que a pesar de las limitaciones que se tuvieron se realizo con mucha satisfacción y beneficio.

Así mismo el agradecimiento muy especial a mis padres por su apoyo incondicional desde mi formación profesional que gracias a Dios siempre conservan el espíritu de entusiasmo y de servicio.

RESUMEN

El presente informe de ingeniería consiste en la realización de un proyecto para un mejor aprovechamiento de la energía en una refinería tipo topping, donde la operación principal se realiza en el horno de proceso, el cual es parte fundamental en el proceso de destilación y esta a cargo del operador de planta, que tiene como funciones; maniobrar, controlar, inspeccionar, y reportar las condiciones de operación y otras posibles limitaciones que se presentan.

El control operacional del horno, tiene como objetivo un mejor aprovechamiento de la energía que se genera producto de la quema de un combustible, operando a la máxima eficiencia, mediante el control las variables que regulan su operación, cabe destacar en esto el conocimiento, destreza y habilidad del operador, debido a que el control operacional del horno es 90% manual y por lo tanto, el trabajo en equipo en planta así como la operación es muy importante, debido a que constituye la principal fuente que provee energía al petróleo crudo para su separación en sus diferentes componentes, a fin de producir productos con la calidad exigida por las normas.

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	2
RESUMEN	3
INDICE	4
CAPITULO I	
INTRODUCCION	8
CAPITULO II	
EL ORGANO EMPRESARIAL	9
2.1 Datos principales de la empresa	9
2.2 Antecedentes de la empresa	9
2.3 Descripción de la empresa	11
2.3.1 Productos o combustibles que produce y mercado que abastece	11
2.3.2 La materia prima utilizada y su procedencia	11
2.3.3 Equipos utilizados	12
2.3.4 Organización	12
2.3.5 Estructura Orgánica	13
2.4 Diagrama de producción	14
CAPITULO III	
RELACION PROFESIONAL – EMPLEADOR	15
3.1 Perfil del profesional – empleador	15
3.2 Plan de carrera	15
3.3 Condición de trabajo	15

CAPITULO IV

TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO	16
----------------------------------	----

CAPITULO V

DESARROLLO DEL PROYECTO PROFESIONAL	17
-------------------------------------	----

CAPITULO VI

REFINACION DE PETROLEO CRUDO	18
------------------------------	----

6.1 Refinación de petróleo crudo	18
6.1.1 Destilación atmosférica	19
6.2 Refinerías existente en el Perú	27
6.2.1 Refinerías Hidroskimming	27
6.2.2 Refinerías Topping	36
6.3 Refinería Pucallpa	41
6.3.1 Unidad de almacenamiento de materia prima	41
6.3.2 Unidad de destilación primaria	41
6.3.3 Productos de UDP	45

CAPITULO VII

OPTIMIZACION ENERGETICA EN REFINERIA DEL TIPO TOPPING	48
7.1 Optimización Energética	48
7.2 Refinerías Topping opciones de ahorro	49
7.2.1 Ahorro de energía	49
7.2.2 Contabilidad Energética en las Refinerías	50
7.2.3 Origen de los Consumos y Mermas	52
7.2.4 Principales áreas de mayor oportunidad de ahorro Energético	54
7.3 Importancia de los ahorros en esquemas de optimización energética	60

CAPITULO VIII

FUNDAMENTO TEÓRICO DEL HORNO DE PROCESO	63
8.1 Funcionamiento de un horno	63
8.2 Mecanismo de combustión	67
8.2.1 Formas de propagación del calor	69
8.2.2 Emisión gaseosas en chimeneas horno	70

CAPITULO IX

DEFINICIONES DEL PROBLEMA	72
---------------------------	----

CAPITULO X

EVALUACION DE LA EFIENCIA DEL HORNO	73
10.1 Características del horno de destilación primaria	73
10.2 Operaciones deseadas en el horno	74
10.3 criterios para la selección del combustible adecuado	76

CAPITULO XI

EVALUACION DE RESULTADOS	78
11.1 Resultados de la selección combustible adecuado a eficiencia máxima operativa en el horno	78
11.2 Evaluación de resultados	78

CAPITULO XII

JUSTIFICACION ECONOMICA	80
12.1 Evaluación económica	80

CAPITULO XIII

CONCLUSIONES	83
--------------	----

CAPITULO XIV		
RECOMENDACIONES		85
CAPITULO XV		
BIBLIOGRAFIA		87
ANEXOS		88
DIAGRAMA Y CALCULOS (ANEXOS)		
Anexo 1	Modificaciones en diseño del horno	88
Anexo 2	Selección combustible adecuado	90
Anexo 3	Evaluación Eficiencia Del Horno	93
Anexo 4	Evaluación Económica	106

CAPITULO I

INTRODUCCION

La Corporación Maple Gas sucursal peruana S.A. ha desarrollado importante contribución al desarrollo de la región de Ucayali, generando bienestar económico, social y cultural a la población ucayalina en general ofreciendo combustibles de alta calidad, al precio mas bajo que la competencia. De esta manera, como toda industria busca ser competitiva, maximizando el ahorro de energía e incrementando su capacidad de producción. En ese sentido, se decidió ejecutar este proyecto, en el área de refinación, para incrementar la carga de procesamiento de crudo, evaluando mejorar la eficiencia del horno ya que se estaría aprovechando el calor proveniente de los gases de combustión para precalentar la carga a través de una evaluación del combustible alimentado al horno; cumpliendo de esta manera con los dispuesto en la Ley Orgánica de Hidrocarburos en el Art. 77 del Decreto Supremo N° 051-93-EM (Reglamento de Normas para Refinación y Procesamiento de Hidrocarburos) relacionado con la conservación de la energía y así como también cumpliendo con el Decreto Supremo N° 833/1975 IFC/BM relacionado con las emisiones gaseosas.

En relación a sus procesos, siempre existe la preocupación de producir combustibles de buena calidad y bajos estándares de contaminación ambiental, para ello existe la predisposición de recepción, evaluación y ejecución de proyectos para mejorar la eficiencia de cada unidad de proceso por participación del personal de ingeniería, así obtener más rentabilidad.

CAPITULO II

EL ORGANO EMPRESARIAL

2.1 DATOS PRINCIPALES DE LA EMPRESA

La corporación Maple Gas, en la actualidad no cuenta con edificios propios, teniendo en alquiler el piso N° 2 que encuentra en la Av. Víctor Andrés Belaúnde N° 147, vía principal 140, San Isidro – Lima, así mismo en la ciudad de Pucallpa se tiene en alquiler tanto la planta de refinación como las instalaciones concedidas por PETRO PERÚ S.A. y se ubica en el Jr. Padre Aguerriabal N° 300.

2.2 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

The Maple Gas Corporación del Perú, o Maple, es una empresa privada dedicada a la exploración, explotación, refinación, distribución y comercialización de hidrocarburos y sus derivados. En 1993 Maplé ganó, a través de un concurso de licitación internacional, la concesión para operar la refinería de Pucallpa y los campos petroleros de Maquía y Agua Caliente, así como, para desarrollar el Campo de Gas de Aguaytía, ubicado en la cuenca del Ucayali en la Selva Central del Perú.

Exploración y Explotación

Las actividades de Maple en los campos de Maquía (Lote 31-B) y Agua Caliente (Lote 31-D) comprenden la explotación de 50 pozos de petróleo.

Una vez extraído, el petróleo es transportado mediante barcazas desde Maquía y por un oleoducto desde Agua Caliente, hasta la refinería de Pucallpa.

Actualmente, Maple Producción del Perú Sucursal Peruana, está explorando el Lote 31-E bajo un contrato de concesión suscrito con Perú Petro S.A en marzo del 2001.

Refinación

La refinería de Maple produce Gasolina de 84 octanos, Kerosene, Diesel, TurboA-1, Solventes, Residual Industrial y Naftoil. Las instalaciones de Maple cuentan con una capacidad de almacenamiento de 140,000 barriles. Los productos de Maple se comercializan en la Selva, Sierra Central y Costa del Perú, en las ciudades de Pucallpa, Tingo María, Huánuco, Huancayo y Lima.

Control de Calidad

Maple cuenta con permanentes y estrictos controles de calidad a lo largo del proceso de producción, refinación y distribución. Esto permite ofrecer combustibles conforme a los estándares nacionales e internacionales más exigentes.

Ventas y Distribución

Maple ha establecido un innovador sistema de reparto y distribución directa para atender los pedidos de los clientes, lo cual ha aumentado la satisfacción del cliente. Los principales clientes de Maple son grifos, estaciones de servicio, empresas eléctricas, aerolíneas, industrias químicas y entidades gubernamentales.

Medio Ambiente

Debido al permanente compromiso para la protección del medio ambiente y del ecosistema, Maple ha sido reconocida en dos oportunidades por la Sociedad Nacional de Minería y Petróleo con el premio al Esfuerzo Ambiental 1997, y 1999. En 1998, el Colegio de Ingenieros del Perú también otorgó a Maple el premio a la

empresa con mejor programa en higiene y seguridad industrial. Maple ha ganado todos estos premios a través de concursos donde han participado las más grandes empresas nacionales y multinacionales.

Ayuda a la comunidad

Desde sus inicios, Maple ha sido consciente del impacto que pudiera tener sobre el desarrollo de las comunidades vecinas. Como tal, Maple ha promovido una serie de programas de impacto positivo para mejorar la calidad de vida de la población y sus empleados. Estos programas van desde el auspicio y organización de diversas actividades sociales y deportivas, hasta la implementación de grandes campañas de salud y la distribución de útiles escolares para apoyar a la educación. La mayoría de estas campañas se han realizado en la ciudad de Pucallpa y algunas otras ciudades de la Sierra Central. En 1998, la Municipalidad Provincial de Pucallpa otorgó a Maple un premio por la contribución al bienestar y desarrollo de la ciudad de Pucallpa.

2.3 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.3.1 Productos o combustibles que produce y mercado que abastece

La corporación tiene como línea de producción, la producción de combustible como: Gasolina 84 octanos (sin plomo), Nafta, Kerosene, Diesel 2, Solvente 3, Turbo A1 y Residual 5. Tiene como mercados en la Región Ucayali, ciudades como Tingo Maria, Huanuco, Huancayo y lima.

2.3.2 La materia prima utilizada y su procedencia

La Corporación Maple Gas, utiliza petróleo crudo de los pozos de los campos Aguas Calientes(A/C) y Maquia (MA), luego transportados a la refinería.

2.3.3 Equipos utilizados

La corporación Maple Gas, área de refinación, cuenta con las siguientes unidades principales de proceso: intercambiadores de calor, horno, strippers (agotadores), generadores de vapor, unidad de destilación primaria y otros.

2.3.4 Organización

La corporación presenta una estructura organizacional del modo vertical, donde la presidencia toma las decisiones principales, debajo de presidencia se encuentran la vicepresidencia y gerencias de operaciones e ingeniería, exploración y producción, logística, recursos humanos, refinación, control de calidad, comercialización, administración y contabilidad.

2.3.5 Estructura Orgánica

GRAFICO N°1

ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA

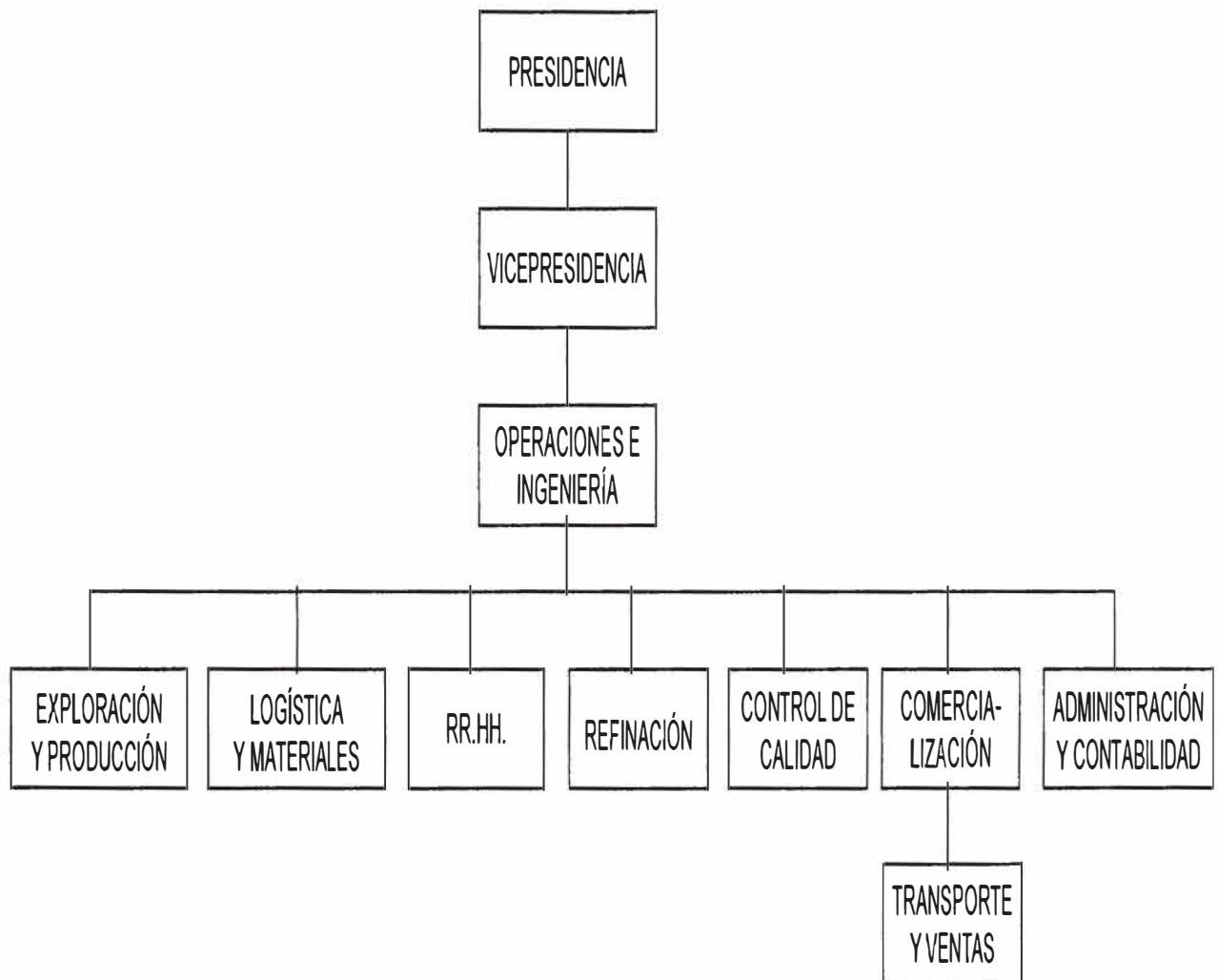
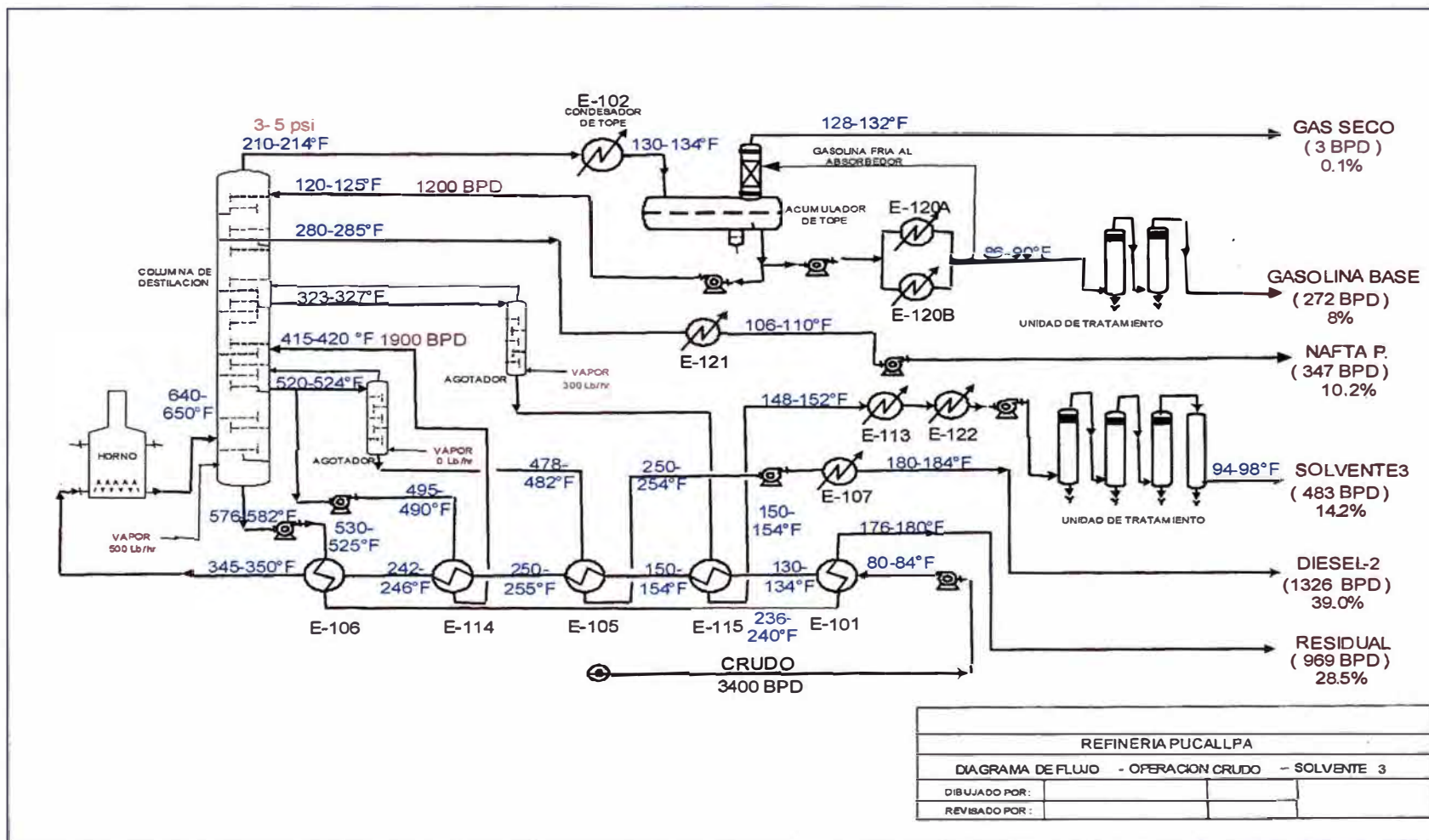


GRAFICO N°2 DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN



CAPÍTULO III

RELACION PROFESIONAL – EMPLEADOR

3.1 PERFIL DEL PROFESIONAL – EMPLEADOR

Para el cumplimiento de las funciones en planta se requiere de un profesional de la especialidad de Ingeniería Petroquímica, Petróleo o Ingeniería Química, con conocimiento en hidrocarburos para efectuar la operación, inspección y control de las unidades de proceso que se tiene en una refinación de petróleo.

3.2 PLAN DE CARRERA

En función a la experiencia adquirida, conocimiento, habilidad, destreza y liderazgo, se sigue el programa de ascensos desde la condición de operador hasta supervisor, el cual depende de la oportunidad del puesto de trabajo.

3.3 CONDICIÓN DE TRABAJO

En el área de refinación de la corporación Maple Gas, se labora en 3 turnos de 8 horas que se rotan semanalmente, donde el ambiente de trabajo es de modo agradable en cuanto a la relación con el grupo de trabajadores, y respecto al medio ambiente, es de característica variable por las fuertes lluvias o calor propios de la zona de selva.

CAPÍTULO IV

TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO

Dentro del área de refinación desempeñe un solo cargo como operador, cuyas responsabilidades son las siguientes:

- Operador responsable de control de operación de las unidades de proceso de refinación (unidad de destilación primaria, horno, strippers, intercambiadores y otros).
- Responsable de control de calidad (parcial) de los principales cortes de la unidad de destilación primaria.
- Responsable de los sistemas de tratamiento a los cortes de la unidad de destilación primaria.
- Responsable del control operacional de servicios auxiliares de planta (generadores de vapor, tratadores de agua de caldero, sistema de enfriamiento de la unidad de destilación, tratamiento de efluentes y emisiones gaseosas)
- Responsable del control de volumen de producción de hidrocarburos (cortes de destilación), preparación de combustible para comercialización.
- Evaluación y mejora de operatividad de las unidades del proceso de destilación (principalmente el horno).
- Profesional con capacitación en seguridad y medio ambiente.
- Capacitación al staff de personal de refinación en proceso de refinación.

CAPITULO V

DESARROLLO DEL PROYECTO PROFESIONAL

El presente proyecto se ha desarrollado tomando estos objetivos y puntos fundamentales, haciendo referencia en la Optimización Energética de la Destilación Primaria del Petróleo Crudo , y a continuación mencionamos detallamos los siguientes:

- Evaluación del combustible alimentado al horno, controlando las emisiones gaseosas de los gases de chimenea.
- Incremento de la eficiencia térmica del horno de 72% a un nivel superior a 77%, basado en el poder calorífico, incluye la identificación de las causas y limitaciones del sistema de calentamiento.
- Para tales requerimientos se Maximizara la capacidad de procesamiento de crudo alimentado al horno en la unidad de destilación primaria de la Refinería Pucallpa.

CAPITULO VI

REFINACION DE PETROLEO CRUDO

6.1 REFINACION DE PETROLEO CRUDO

El petróleo crudo es una mezcla de hidrocarburos con pequeñas cantidades de compuestos de azufre, oxígeno, nitrógeno y ciertos metales como: vanadio, níquel, sodio y otros, considerados impurezas de petróleo, las cuales afectan su calidad. El color de petróleo crudo es variado: lechoso, marrón, amarillo, verde oscuro hasta negro. Su viscosidad y densidad varían dependiendo de su composición química y su olor depende del contenido de azufre.

El petróleo crudo, tal como se extrae del subsuelo, tiene poco uso, por lo que es necesario refinarlo. La refinación comprende una serie de procesos de separación, transformación y purificación, mediante el cual el petróleo crudo es convertido en productos útiles con innumerables usos, que van desde la simple combustión en una lámpara hasta la fabricación de productos intermedios, que a su vez, son la materia prima para la obtención de otros productos industriales.

El petróleo crudo que fluye de un pozo es muy espeso. Antes de ser utilizado tiene que ser limpiado y descompuesto en las diferentes formas útiles, mediante un proceso llamado refinación. Las diferentes formas son separadas en altas columnas llamadas columnas de fraccionamiento.

Cada forma de petróleo, llamada fracción, es una mezcla de hidrocarburos (sustancias compuestas solamente por carbono e

hidrógeno). Estas fracciones varían de "pesadas" (con grandes moléculas) a "livianas".

Los procesos de refinación del petróleo pueden clasificarse en dos grandes grupos:

- **Separación:** Consiste en separar el crudo en diferentes fracciones de petróleo, de acuerdo con su temperatura de ebullición. Para ello se emplea procesos físicos como: destilación atmosférica y destilación al vacío.
- **Conversión:** Consiste en transformar unos componentes del petróleo en otros mediante reacciones químicas, por acción del calor y en general, con el uso de catalizadores. Son procesos de conversión, entre otros, la reformación y la desintegración o craqueo; ambos procesos cambian la estructura molecular de los hidrocarburos, originalmente presentes en el petróleo.

6.1.1 Destilación atmosférica

La destilación atmosférica o también llamada topping en la ingeniería del petróleo, es la destilación que se realiza a una presión cercana a la atmosférica. Se utiliza para extraer los hidrocarburos presentes de forma natural en el crudo, sin afectar a la estructura molecular de los componentes.

En las unidades de destilación atmosférica, el objetivo es obtener combustibles terminados y cortes de hidrocarburos que luego se procesarán en otras unidades.

Se basa en la transferencia de masa entre las fases líquido-gas de una mezcla de hidrocarburos. Permite la separación o fraccionamiento de componentes en función de su punto de

ebullición, mediante un equilibrio entre las fases líquido y vapor, que es función de la temperatura y presión del sistema. La alimentación se realiza continuamente sobre una de las bandejas intermedias, llamada bandeja o plato de alimentación. El vapor que sale por el tope de la columna se condensa totalmente, desviándose una parte como reflujo y la otra se extrae continuamente como producto destilado. También, de modo continuo, sale del fondo del hervidor una fracción empobrecida en el componente volátil y rica en el componente de baja volatilidad.

Las bandejas retienen una cantidad determinada de líquido. Continúa llegando a cada una una corriente de líquido procedente del superior y otra de vapor que viene del inferior. Al mezclarse el vapor con el líquido este hierve, con formación de un líquido y vapor en equilibrio. El vapor asciende a la bandeja superior y el líquido desciende a la inferior.

A lo largo de la columna hay una variación continua de la concentración de la mezcla. El vapor se concentra en el componente más volátil a medida que asciende y el líquido se concentra en el menos volátil al descender.

Los vapores que salen por la parte superior de la torre de refinación se condensan y luego pasan por una bomba denominada bomba de reflujo.

El líquido de la descarga de la bomba se divide en dos flujos, uno que es el destilado, el cual se remueve continuamente de la torre y el otro que se llama el reflujo y que retorna de nuevo al extremo superior de la torre. La cantidad de reflujo dividida

por la cantidad de destilado por unidad de tiempo, se llama comúnmente “la relación de reflujo”.

Toda separación por destilación tiene una relación de reflujo mínima por debajo de la cual es imposible refinar los componentes de la mezcla, aunque la torre tenga un número muy grande de bandejas.

Un aumento en la relación de reflujo resulta en un aumento en la cantidad de vapor que se usa en el hervidor, agua en el condensador y diámetro de la torre para obtener la misma cantidad de producto.

La disminución de la relación de reflujo resulta en un aumento en el número de bandejas para efectuar la separación, o sea una torre mucho más alta y más costosa.

Estas dos condiciones se balancean y se obtiene lo que se llama “reflujo optimo”, con el cual el costo de la producción del producto requerido es mínimo. Esto fija el número de bandejas en la torre y la relación de reflujo a la que hay que operarla.

En la zona de agotamiento o stripping, situada en la parte inferior de la columna, se inyecta vapor que agua, que sirve para disminuir la presión parcial de los hidrocarburos, favoreciendo la vaporización y arrastre de los componentes mas volátiles a un nivel superior en la columna de destilación, donde a presión y temperatura adecuada se produzca el equilibrio líquido-vapor y luego la extracción del producto definido.

Hoy en día, debido a las medidas medioambientales, de especificación de los productos y de la obtención del máximo rendimiento, todas las corrientes que se extraen de la columna de topping, pasan, previo a su comercialización, por otros procesos industriales para mejorar su calidad o para convertirlos en nuevos productos de mayor valor añadido. La columna de destilación está rellena de bandejas de platos, que es donde se produce el equilibrio entre los vapores ascendentes y los líquidos que descienden.

Tipos de torres de refinación

Hay dos tipos de torres de refinación que se usa en la industria, la torre de relleno y la torre de bandejas o platos. La primera es más simple de las dos y no corresponde a las torres analizadas.

Torre de Bandejas

Los varios tipos de torres de bandejas difieren principalmente en el tipo de bandeja o plato que se usa dentro de ellas. Las torres con "copa de destilación" son las más comunes en la industria. Cuando están bien diseñadas trabajan bien, son eficientes y tienen la ventaja de que se pueden operar en rango bastante amplio de capacidad.

Otro tipo de torre que contiene menos platos complicados que los de copas de destilación es la de "platos perforados".

Estos son hechos de una lamina de acero cortada para encajar dentro de la torre y perforados de una cierta manera con huecos de $\frac{1}{2}$ pulgada de diámetro. Su funcionamiento es inconstante cuando se reduce el flujo de vapor por los huecos, por debajo de cierta cantidad. Si el flujo se reduce todavía mas, el resultado es que una gran proporción del reflujo para

derecho por los huecos y el plato pierde efectividad. Esta es su principal desventaja.

Las torres de platos perforados, sin embargo, tienen varias ventajas. Son más baratas de construir que las torres de copas de destilación y son más eficientes que estas bajo condiciones similares de operación con la misma distancia entre platos. La torre de platos perforados es especialmente efectiva en los casos que hay que manejar altos volúmenes de líquido (alta relación de reflujo), debido a que no tienen las copas de destilación que ofrecen resistencia al flujo cruzado del líquido en el plato que resulta en una acumulación de líquido en la bandeja. Se usa mucho cuando se requiere una baja retención de líquido en la torre, una baja resistencia al flujo de vapor por las bandejas y una alta eficiencia, tal como en la destilación bajo vacío. Estas características hacen la torre de platos perforados ideal para manejar líquidos que tienen la tendencia a descomponerse cuando están expuestos al calor por largo tiempo.

Este tipo de torres se pueden construir para que funcionen satisfactoriamente en los tamaños grandes donde las torres de relleno son muy ineficientes.

GRAFICO N°3

"BANDEJA O PLATO DE DESTILACIÓN CON VÁLVULAS"



FIG. 8-14. VALVULAS TIPO PALALETE



Componentes de las Torres

El Evaporador

La función del evaporador es evaporar el líquido que se quiere destilar y de esta manera suministrar vapor y calor al fondo de la torre, los cuales se necesitan para efectuar la separación. El evaporador puede estar en el fondo de la torre o puede ser un equipo diferente de la torre, el cual está conectado a la parte baja de la torre por medio de una línea para líquido y una línea para vapores.

Este último arreglo es el más común en la industria. Al evaporador se le llama calderín en una torre de destilación continua.

La Torre.

La torre es el equipo en el cual se separan los componentes de la mezcla de líquidos. Las torres pueden ser de dos tipos: de bandejas y de relleno.

La torre de bandejas tiene una serie de platos, colocados uno sobre otro a iguales distancias. La torre de relleno está llena de unas piezas pequeñas de metal, de cerámica o de plástico que se llaman empaque.

Dentro de la torre siempre existe una diferencia de temperatura entre la parte alta y la parte baja, esta última siendo más caliente. Por esta razón, los vapores menos volátiles se condensan al subir por la torre y retornan de nuevo al fondo de la torre mientras que los vapores más volátiles (los que ebullición a la temperatura más baja) suben por la torre y salen por la parte alta por la línea de vapor.

Las sustancias mas volátiles que salen por lo alto de la torre se llaman los “topes de destilación”, o el “material ligero” y las sustancias menos volátiles que ebulen a una temperatura mas alta de la torre se les llama “fondos”

El Condensador y el Acumulador

El condensador es la tercera pieza en al torre de destilación. Su función es enfriar y condensar los vapores que salen de la parte alta de la torre. El liquido luego fluye al “acumulador de reflujo” que es un tanque donde se colecta el condensado para luego alimentarlo a la bomba de reflujo.

Esta divide el condensado en dos partes, una que retorna a la parte alta de la torre para que baje por dentro de esta y condense las sustancias menos volátiles y la otra que es el producto, al que se llama “destilado”.

Colector o Bandejas de Chimenea

Es un colector que utiliza toda la sección de la torre y que permite el paso del vapor que asciende, mediante elevadores o raiser. Se utilizan cuando se desea contaminación mínima en el producto de fondo.

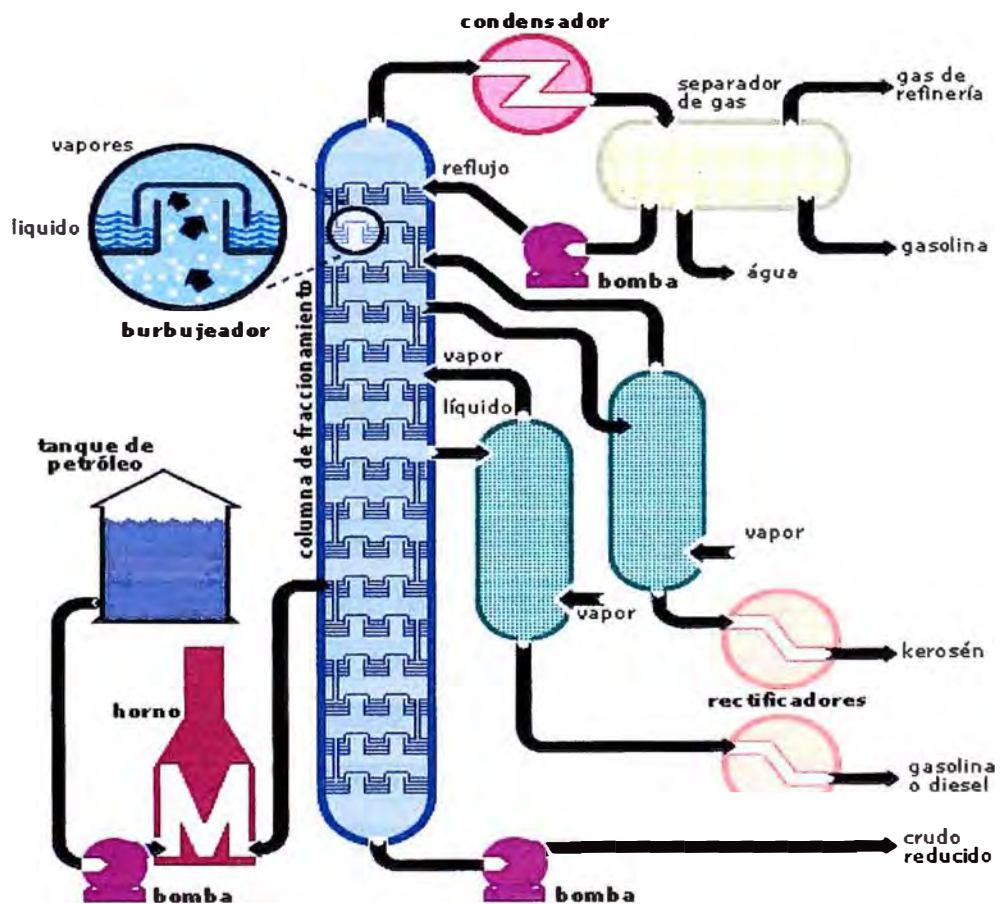
Comparadas con downcomer trapout, las bandejas chimenea proveen tiempo de resistencia adicional y una mejor separación de liquido/vapor y eliminan el problema de goteo de los arreglos con downcomer trapout.

Manholes

La entrada hacia el interior de una torre de destilación es vía manhole. Estos son colocados en la columna, en forma tal,

que cada uno sirve de 10 a 20 bandejas. Los diámetros recomendables de manhole varían de 16 a 24 pulgadas. Cada vez que se posible, deben orientarse en la misma dirección todos los manhole. También es preferible que todos los manhole enfrenten el sistema de acceso principal hacia la columna. Los manhole alineados ocuparan un segmento del total de la circunferencia de la torre, el cual no debe ser ocupado por ninguna corrida de tuberías.

GRAFICO N°4 DESTILACION PRIMARIA



6.2 REFINERIAS EXISTENTES EN EL PERU

6.2.1 Refinerías hidroskimming

**TABLA N°1
REFINERÍAS SISTEMAS COSTA**

	LA PAMPILLA	TALARA	CONCHAN
CAPACIDAD	102 MBD	62 MBD	15 MBD
CONFIGURACION	UDP I & II, UDV, FCC, REFORM	UDP, UDV, FCC	UDP, UDV
COMPLEJIDAD	2.1	3.6	2.5
CRUDOS	LORETO, MAYNA, IMPORT	TALARA, MAYNA, IMPORT	LORETO, MAYNA, IMPORT
OPERADOR	REPSOL-YPF	PETROPERU	PETROPERU

Fuente : PROPIA

Refinería La Pampilla S.A

Las actividades de Refinería La Pampilla S.A. son la refinación de crudo de petróleo y la producción, almacenamiento, comercialización, transporte y distribución de productos hidrocarburos derivados del petróleo. Adicionalmente la empresa puede comprar vender e importar todo tipo de productos hidrocarburos, así como transportar los productos antes señalados para sí o para terceros, pudiendo para tal efecto registrarse como empresa naviera nacional de conformidad con las leyes nacionales y desarrollar cualquier otra modalidad de transporte, según lo señalado por su estatuto social.

La compañía fue constituida en noviembre de 1994 e inició operaciones el 1° de agosto de 1996, fecha a partir de la cual es subsidiaria de Repsol YPF Perú BV, empresa holding

constituida en Holanda, cuyo patrimonio pertenecen mayoritariamente a Repsol YPF.

Proceso de Refinación

La refinación es un proceso de transformación de petróleo crudo que permite la separación de los hidrocarburos aprovechando sus diferentes temperaturas de ebullición para obtener combustibles y productos químicos de uso doméstico e industrial.

El proceso comienza con la destilación del crudo que consiste en:

- a) Calentar el petróleo en un horno de altas temperaturas denominados técnicamente “Unidades de Destilación”.
- b) Los “gases” circulan por las torres de fraccionamiento, en las que la temperatura baja gradualmente desde el fondo hasta el tope de la torre. Las torres están provistas de “bandejas” en las que los productos se condensan y separan de acuerdo a su peso molecular.
- c) Los distintos productos se van extrayendo en forma continúa.

El petróleo se separa en fracciones que después de procesamiento adicional, darán origen a los productos principales que se venden en el mercado:

- GLP (utilizado como combustible doméstico)
- Gasolina (combustible utilizado para el Transporte)

- Turbo (combustible utilizado por los aviones)
- Kerosene (utilizado como combustible doméstico),
- Diesel (utilizado para vehículos y en la generación de energía eléctrica)
- Petróleos industriales usados en operaciones Industriales.

Estructura de las Instalaciones

Refinería la Pampilla cuenta con dos plantas de producción de productos derivados de petróleo:

Planta I: Conformada por la Unidad de Destilación Primaria I, Unidad de Destilación al Vacío, la Unidad de Craqueo Catalítico, la Unidad de Recuperación de Gases y la Unidad de Desulfuración y Reformación Catalítica de Naftas.

Planta II: Conformada por la Unidad de Destilación Primaria II También tiene otras plantas como: I) Planta de Cogeneración y Aminas II) Planta de Tratamiento de Efluentes III) Planta de Asfaltos IV) Planta de Ventas y V) Área de Energía

Unidad de Destilación Primaria y Vacío.- Refinería La Pampilla cuenta con dos Unidades de Destilación Primaria, ubicadas en la Planta I y II, la capacidad de Procesamiento total es de 107.2 KBPD. Unidad de Destilación Primaria I, ubicada en planta I, tiene una capacidad de procesamiento de 34KBPD, fue instalada en 1967

Unidad de Destilación Primaria II, tiene una capacidad de procesamiento de 73 KBPD, fue construida con tecnología Francesa.

Ambas Unidades producen las siguientes fracciones: Gas Combustible, Gasolina, Nafta, Kerosene, Diesel, AGO (gasóleo atmosférico) y Crudo Reducido. El Diesel y Kerosene son productos finales es decir van directamente a los tanques de almacenamiento.

La gasolina que se obtiene es de bajo octanaje por lo que debe seguir el proceso de producción debido al contenido de contaminantes que posee como el azufre.

La Unifining Platforming se encarga de la desulfurización elevando el octanaje de la gasolina.

El crudo Reducido se va a la Unidad de Destilación de Vacío para ser destilados a presión menor que la atmosférica, de esta Unidad se obtiene destilados medios como HVGO (Gasoleo pesado al vacío) y LVGO (Gasóleo Liviano de Vacío).

De los fondos de Unidad dependiendo del tipo de operación y la carga procesada se obtendrá Asfaltos y/o Residuales. El LVGO, puede ser enviado a tanques de Diesel y el HVGO es enviado como carga para la Unidad de FCC.

Unidad de Craqueo Catalítico.- Unidad de Conversión por descomposición o rompimiento de la estructura molecular, para maximizar la producción de Gasolinas y Destilados Medios. Se dice que es una Unidad de Craqueo Catalítico

porque existe rompimiento de la estructura molecular a través del uso de un catalizador.

La Unidad de FCC recibe como carga los gasóleos provenientes de la UPD, UDV y crudo reducido. La Unidad tiene actualmente una capacidad de procesamiento de 13.500 BPD ampliado en los meses de abril- mayo de 2002.

Posición Competitiva

En el Perú la industria que procesa crudo esta constituida por siete refinerías (7) de las cuales, cinco son de propiedad del estado:

Refinería Talara (con una capacidad de 62,000 B/d), Refinería Conchán (con una capacidad de refinación de 12,000B/d) Iquitos (con una capacidad de 10,500 B/d), Refinería El Milagro (1,700 B/d), Refinería Pucallpa arrendada a The Maple Perú, mantiene una capacidad de 3,000 B/d, Shiviyacui de propiedad de Pluspetrol mantiene una capacidad de 2,000 B/d, y Refinería La Pampilla que mantiene una capacidad de 107,000 B/d diarios. En general debido a que las refinerías se encuentran ubicadas en diversas zonas del país y mantienen una escala de operaciones proporcional a la zona en la que opera, el mercado de combustibles ha tenido una segmentación natural, actuando como monopolios regionales, sin embargo debido al movimiento económico que existe en la costa central, confluyen en éste mercado, tanto Refinería La Pampilla y Petropéru.

Si bien el sector a nivel nacional se encuentra constituido por siete refinerías, las operaciones se concentran en dos

empresas: Refinería La Pampilla S.A. con una participación de refinación a diciembre de 2004 de 47% y PetroPerú quien opera cuatro refinerías a Nivel nacional (Talara, Conchan, Iquitos y el Milagro) y tiene una cuota de producción de 53%. Ambas empresas se encuentran en la costa y en conjunto refinan la mayor parte de los derivados de petróleo producidos localmente.

Refinería Talara

A principios del siglo pasado, en la costa norte del Perú, se iniciaron las operaciones de la Refinería Talara, la primera refinería de crudo en el país.

Hoy en día son cuatro las refinerías que Petroperú S.A. administra con eficiencia y calidad internacional.

Las refinerías Talara, Conchán, Iquitos y El Milagro constituyen una parte importante del patrimonio de nuestra empresa. Juntas abastecen gran parte del territorio nacional, llegando a refinar más de 85 mil barriles por día, produciendo una variedad de productos derivados como Gasolinas, Gas Licuado, Turbo combustible para la aviación, Diesel, Kerosene, Petróleos Industriales y Asfaltos, entre otros.

Ubicación Geográfica

La Refinería Talara está ubicada en la ciudad de Talara, Departamento de Piura, a 1185 Km. al Norte de Lima. Es la refinería más antigua del Perú, el inicio de sus operaciones se remonta a comienzos del siglo pasado. La capacidad actual de procesamiento es de 62.0 MBD, siendo la segunda de mayor refinación del país.

El área que abarca la refinería es de 128,9 hectáreas, siendo sus límites:

- Por el sur, el área residencial de Punta Arenas.
- Por el oeste y el norte, con la Bahía de Talara.
- Por el este con la Av. "G" de la ciudad.

En la zona sur-este se encuentran los tanques de almacenamiento, y en la franja occidental, distribuidas en la dirección sur-norte se encuentran ubicadas las principales Unidades de Procesos: Unidad de Destilación Primaria, Unidad de Destilación al Vacío, Complejo de Craqueo Catalítico, Servicios Industriales, la Planta de Vacío II.

En la bahía de Talara se encuentra el nuevo Muelle de Carga Líquida; embarcadero para la carga y descarga de multiproductos, desde GLP hasta Petróleos Industriales.

Proyecto en Refinería Talara

- El Proyecto consiste en la ampliación de las unidades existentes (Unidad de Destilación Primaria, Unidad de Destilación al Vacío y Unidad de Craqueo Catalítico Fluido) y en la construcción de nuevas unidades, que permitirán a Refinería Talara cumplir con las nuevas tendencias de calidad para los combustibles.
- La evaluación del estudio incluye las unidades de Alquilación, hidrotratamiento y Reformación de Naftas, Hidrotratamiento de Diesel, Hidrocraqueo de Gasóleos, Planta de Hidrógeno, el procesamiento de fondos de barril así como una unidad de recuperación de azufre.

Refinería Conchán

Diseñada por la compañía Fluor Corporación de Canadá, fue inaugurada por Conchán Chevron de California en 1961. Petroperu S.A., asume su administración desde 1973. Entre 1977 y 1980, la Refinería Conchán suspendió sus operaciones debido a la ampliación de la Refinería La Pampilla. En aquel último año se vuelve a poner en servicio la Unidad de Vacío para atender la demanda de asfaltos para pavimentación.

En 1983, año en que el Fenómeno del Niño afectó las operaciones en la Refinería Talara, la Refinería Conchán reanudó su funcionamiento, junto con su respectiva Planta de Ventas. Hoy cumple un papel estratégico en la gestión corporativa de Petroperú S.A.

La Refinería Conchán cuenta con una moderna planta de ventas con sistemas de cargas por el fondo para camiones cisterna y facilidades para el despacho de productos, además de un moderno laboratorio para la certificación de la calidad de los combustibles. Todo ello permite cumplir satisfactoriamente las exigencias de nuestros clientes en términos de calidad, oportunidad de entrega y servicio.

La Refinería Conchán se ha posicionado como la refinería modelo debido al orden y limpieza de sus instalaciones. Además, cuenta con tecnología de última generación en sistemas de seguridad y sus operaciones se realizan en estricto cumplimiento de las normas de protección y cuidado del medio ambiente. Además, se caracteriza por su gran flexibilidad operativa para procesar diversos tipos de petróleo

en sus unidades; sus asfaltos son el producto de mayor reconocimiento internacional, gracias a su excelente calidad.

Ubicación Geográfica

La Refinería Conchán se encuentra ubicada en el 26,5 Km. de la carretera Panamericana Sur, Distrito de Lurín, Departamento de Lima. Cuenta con un terreno de 50 hectáreas a orillas del mar. La zona de producción propiamente dicha está destinada a la Refinería, sus tanques de petróleo y sus tanques de combustibles en un área de 182,1 mil metros cuadrados; existiendo un área de 219,9 mil metros cuadrados disponible para el crecimiento futuro de sus operaciones. También dispone de un área de almacenaje para productos químicos.

Amplias y seguras instalaciones de almacenamiento y distribución

Las instalaciones de almacenamiento y distribución incluyen un total de 13 tanques con una capacidad total de 67,500 barriles de crudo, productos terminados y aditivos.

Los dos tanques para el Petróleo Industrial 6 de 10,000 barriles cada uno representan la mayor capacidad de la planta. El Diesel 2 cuenta con tanques de 2 y 5 MB.

Entre las instalaciones complementarias, servicios y facilidades cabe mencionar:

- Calderos para generación de vapor para la operación de los hornos de calentamiento del petróleo crudo.
- Planta de aire comprimido para atomización de combustible en quemadores; así como para el control neumático de instrumentos.

- Electricidad, auto generada en la Estación 7 mediante generador de 450 Kw.
- Sala de control, a prueba de explosiones e incendio, dispone de tableros de control neumático-electrónico de todas las operaciones de la refinería así como control de motores e iluminación.
- Entre los sistemas de seguridad y previsión de accidentes se cuenta con una red de buzones para desagüe con separadores de aceite, control de efluentes líquidos; así como pavimentos diseñados para contener y canalizar eventuales derrames en cualquiera de las áreas de operación y despacho.

6.2.2 Refinerías Topping

TABLA N°2
REFINERÍA SISTEMA SELVA

	IQUITOS	PUCALLPA	EL MILAGRO	SHIVİYACU
CAPACIDAD	10.5MBD	3.3MBD	1.7MBD	2.0MBD
CONFIGURACION	UDP	UDP	UDP	UDP
COMPLEJIDAD	1	1	1	1
CRUDOS	MAYNA	MAQUILA, MAYNA	MAYNA	LORETO
OPERADOR	PETROPERU	MAPLE GAS	PETROPERU	PLUSPETROL

Fuente : PROPIA

Refinería Iquitos

En 1955 inició sus operaciones la antigua Refinería Luis F. Díaz. En 1982, ante la falta de capacidad para atender el mercado de la zona, se construyó la nueva Refinería Iquitos, diseñada para procesar diez veces más crudo que la antigua.

En la Refinería Iquitos se trabaja en perfecta armonía con la naturaleza. Aquí se producen los combustibles que impulsan

el desarrollo de esta región garantizando el abastecimiento a los lugares de difícil acceso como consecuencia de la geografía que caracteriza a nuestra selva peruana.

La Refinería Iquitos se ha posicionado como un símbolo de gestión eficiente, competitiva, dinámica y siempre dispuesta a afrontar grandes retos para el desarrollo de la región. Sus instalaciones se encuentran equipadas con tecnología de vanguardia y cuenta con un estricto control de seguridad que permite ofrecer un mejor servicio a nuestros clientes.

Actualmente opera a la máxima capacidad de procesamiento, debido a la disminución de la calidad del petróleo extraído en la selva norte. Sin embargo, para mejorar los rendimientos de destilados medios y gasolina se procesa gasolina natural adquirida a terceros con el propósito de maximizar el valor de los productos generados por la refinería.

La comercialización de los productos se realiza en las plantas de venta de las ciudades de Iquitos, Yurimaguas y Tarapoto, además de las plantas en los aeropuertos de Iquitos, Tarapoto y Pucallpa.

Ubicación geográfica

La Refinería Iquitos se encuentra localizada en la margen izquierda del Río Amazonas a 14 Km. de la ciudad de Iquitos, provincia de Maynas, Departamento de Loreto. Tiene una capacidad de procesamiento de 10.5 MBD de petróleo crudo.

La Refinería Iquitos cubre la demanda de combustibles de los departamentos de Loreto, San Martín y parte de Ucayali, incluso la de algunos poblados fronterizos como Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil).

Refinería El Milagro:

Propietario: Petróleos del Perú S.A. (Petroperu)

Inicio de Operaciones: Se trasladó desde la ciudad de Marsella hasta la actual ubicación en 1996

Ubicación: El Milagro, Provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas

Capacidad de Procesamiento:

Unidad de Destilación Primaria 1 700 BPD

Capacidad de Almacenamiento:

Crudo 5 000 BLS

Productos 42 500 BLS

Unidades de Generación Eléctrica: 330 Kw. de Potencia Nominal

Refinería Shivyacu:

Propietario: Pluspetrol Perú Corporation S.A.

Inicio de Operaciones: 13 de Marzo de 1993

Ubicación: Shivyacu - Lote 1-AB, Distrito del Tigre, Provincia de Loreto, Departamento de Loreto.

Capacidad de Procesamiento:

Unidad de Destilación Primaria 2 000 BPD

Capacidad de Almacenamiento:

Crudo 15 000 BLS

Productos 5 000 BLS

Unidades de Generación Eléctrica: 1 200 Kw. de Potencia Nominal

Refinería Pucallpa:

Refinería Pucallpa propiedad de PETROPERU, Inicio de Operaciones 11 de Setiembre de 1966, desde 22 de abril de

1994, bajo concesión es operada por The Maple Gas Corporation del Perú, empresa privada dedicada a la exploración, explotación, refinación, distribución y comercialización de hidrocarburos y sus derivados. Así mismo tiene la concesión de operar los campos petroleros de Maquía y Agua Caliente, y desarrollar el Campo de Gas de Aguaytía, ubicado en la cuenca del Ucayali en la Selva Central del Perú.

Exploración y Explotación

Las actividades de Maple en los campos de Maquía (Lote 31-B) y Agua Caliente (Lote 31-D) comprenden la explotación de 50 pozos de petróleo. Una vez extraído, el petróleo es transportado mediante barcas desde Maquía y por un oleoducto desde Agua Caliente, hasta la refinería de Pucallpa. Actualmente, Maple Production del Perú Sucursal Peruana, está explorando el Lote 31-E bajo un contrato de concesión suscrito con Perú Petro S.A en marzo del 2001.

Refinación

La refinería de Maple produce Gasolina de 84 octanos, Kerosene, Diesel, TurboA-1, Solventes, Residual Industrial y Naftoil. Las instalaciones de Maple cuentan con una capacidad de almacenamiento de 140,000 barriles. Los productos de Maple se comercializan en la Selva, Sierra Central y Costa del Perú, en las ciudades de Pucallpa, Tingo María, Huánuco, Huancayo y Lima.

Capacidad de Procesamiento:

Unidad de Destilación Primaria 3 300 BPD

Unidad Merox 500 BPD

Capacidad de Almacenamiento:

Crudo 134 500 BLS

Productos 79 200 BLS

Unidades de Generación Eléctrica: 325 Kw. de Potencia Nominal

Control de Calidad

Maple cuenta con permanentes y estrictos controles de calidad a lo largo del proceso de producción, refinación y distribución. Esto permite ofrecer combustibles conforme a los estándares nacionales e internacionales más exigentes.

Ventas y Distribución

Maple ha establecido un innovador sistema de reparto y distribución directa para atender los pedidos de los clientes, lo cual ha aumentado la satisfacción del cliente. Los principales clientes de Maple son grifos, estaciones de servicio, empresas eléctricas, aerolíneas, industrias químicas y entidades gubernamentales.

Medio Ambiente

Debido al permanente compromiso para la protección del medio ambiente y del ecosistema, Maple ha sido reconocida en dos oportunidades por la Sociedad Nacional de Minería y Petróleo con el premio al Esfuerzo Ambiental 1997, y 1999. En 1998, el Colegio de Ingenieros del Perú también otorgó a Maple el premio a la empresa con mejor programa en higiene y seguridad industrial. Maple ha ganado todos estos premios a través de concursos donde han participado las más grandes empresas nacionales y multinacionales.

6.3 REFINERIA PUCALLPA

6.3.1 Unidad de almacenamiento de materia prima

La materia prima (petróleo crudo) provenientes de los pozos ubicados en los campos denominados Aguas Calientes(A/C) y Maquia (MA) conforman una mezcla lo que se denomina como carga, son almacenados en un tanque N°1, capacidad 42 MB.

**TABLA N°3
CARACTERÍSTICAS DE LA UNIDAD DE
ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA**

PARAMETRO	CRUDO(MEZCLA)
	30%A/C +70%MA
Gr. API(60°F)	40
Sales, ptb	0.6
BSW, %vol	0.05
Viscosidad, Cst a 37.8°C	4.5
Azufre, % peso	0.24
Vanadio, ppm	0.005
Niquel, ppm	0.6
Sodio, ppm	<1.0
Base	parafinica

Fuente : PROPIA

6.3.2 Unidad de destilación primaria

La alimentación del petróleo crudo se efectúa por una línea de 4" OD con una bomba P101, donde se hallan instalados dos filtros con manómetros de presión que operan alternadamente, prestando especial atención a las presiones cuando se opera con nivel bajo en los tanques o cuando el petróleo crudo tenga alto contenido de agua y sedimentos.

El tren de precalentamiento se utiliza para recuperar calor de los productos calientes, por medio de intercambio con la carga fría de crudo. Debe tenerse un registro de temperaturas y presiones de entrada y salida a fin de detectar a tiempo las obstrucciones por suciedad y aplicarse las acciones correctivas, de tal manera que la capacidad de la unidad no sea seriamente afectada.

El circuito de precalentamiento por los intercambiadores de calor comprende:

- E-101 Crudo vs. Residual
- E-115 Crudo vs. Solvente 3
- E-105 Diesel vs. Crudo
- E-114 Diesel (Reflujo Intermedio) vs. Crudo
- E-106 Crudo vs. Residual

La carga ingresa al tren de precalentamiento a una temperatura de 82°F, saliendo de la misma a 348°F, luego ingresa al horno de proceso donde culmina su calentamiento a 645°F, para luego ingresar a la zona de vaporización de columna de destilación.

La columna de destilación es una torre de acero al carbono de diámetro 4' y de 74'6" de altura, 32 platos, donde se separan los hidrocarburos de acuerdo a su punto de ebullición.

Los componentes ligeros del crudo que entran a la zona de vaporización de la columna, se elevan en contracorriente con el reflujo, mientras los componentes pesados caen entrando

en contacto con el vapor que se inyecta por el fondo de la torre.

Los platos se enumeran de abajo hacia arriba, son del tipo flexitrays (plato con válvulas) y consiste en platos perforados en cuyos orificios se han instalado válvulas, cuya altura de elevación es función del flujo de vapor que escapa horizontalmente en el líquido contenido en el plato. De ellos se extraen los vapores de cabeza por la parte superior y crudo reducido por el fondo, además se extraen en orden descendente los cortes laterales de nafta pesada, solvente 3, diesel y residual o crudo reducido.

Para mantener las condiciones de operación, parte de la gasolina procedente de los vapores de tope y parte del corte lateral de diesel son retornados a la torre como reflujo.

El vapor que se inyecta en el fondo de la torre es vapor sobrecalentado a 470°F y este vapor también se inyecta en los agotadores de solvente 3 y en casos excepcionales al de diesel para obtener producto o combustible de óptima calidad.

Los vapores de tope son condensados en un condensador y recepcionados en el acumulador donde se produce la separación de gasolina y la decantación del agua.

Agotadores de solvente 3 y diesel, con el fin de poder cumplir las especificaciones de inflamabilidad de los productos comerciales, es necesario someter a las extracciones laterales de la columna a un proceso de arrastre con vapor, que elimine a los ligeros indeseables. En el caso del fondo de la columna,

este arrastre con vapor cumple doble cometido. Se trata de una columna pequeña anexada a la atmosférica de 4 a 5 platos, el objetivo de estos agotadores es conseguir un agotamiento de la carga a la misma, dando como resultado unos vapores que se devuelven a la columna principal y un líquido de fondo que cumple la inflamabilidad deseada. El vapor utilizado es de baja presión recalentada.

Los cortes laterales de solvente 3 y de diesel ingresan por la parte superior de los agotadores T-107 y T-102 que consta de 4 platos y 5 platos respectivamente, ambos son del tipo flexitrays.

Por el fondo de los agotadores se inyecta vapor sobrecalentado a 330° F para despojar al solvente 3 de las fracciones livianas que contienen. Los dos agotadores tienen una línea salida por el tope por donde regresan los vapores ligeros despojados a la torre principal.

El corte lateral solvente 3, sale como producto ajustado a su punto de inflamación de 36°F y luego de ser alimentado agotador T-107 se tiene el punto de inflamación mayor o igual a 38°F, es decir el vapor de agotamiento, modifica el punto de inflamación y el punto inicial de destilación. En otras palabras a mayor flujo y/o temperatura de vapor de agotamiento mayores serán los puntos de inflamación e inicial de destilación del corte lateral.

El fondo de la fraccionadora se comporta como un agotador la operación del mismo depende de reflujo interno entre la alimentación y la extracción del solvente 3, a este reflujo interno se denomina overflash, al ingresar vapor por el fondo regula el punto de inflamación a 38°F. La nafta pesada no es

agotada, y en casos excepcionales el diesel es agotado en el agotador en T-102, debido a que su inflamabilidad generalmente se encuentra en el rango permitido.

Las cantidades de corte lateral hacia los agotadores de solvente 3 y diesel que se extraen de la fraccionadota es regulado por las válvulas de control de nivel instalado en la línea de ingreso a cada uno de los agotadores.

6.3.3 Productos de UDP

Producto de Tope.- Esta constituido por los vapores de gasolina que salen a una temperatura de 210-214°F. Estos vapores son condensados en un condensador de tope E-102 que utiliza como refrigerante agua a temperatura 86°F y recepcionado en el acumulador de gasolina, donde se produce la separación de la gasolina y la decantación de agua. Parte de la gasolina condensada es retornada a la torre como reflujo de tope a una temperatura de 120-125°F, el resto es bombeado al sistema de tratamiento cáustico para la remoción de H₂S, mercaptanos y luego derivado al tanque de almacenamiento para preparación de gasolina de 84 octanos sin plomo o para ser enviado al pool de naftas.

Los vapores no condensables del acumulador, se recuperan por condensación en la unidad de blowdown.

Nafta.- Es extraído del plato N° 24 a una temperatura de 280-285°F y pasa por el enfriador con agua E-121 alimentado por una bomba P106, para luego derivarse al tanque de almacenamiento.

Solvente 3.- Es extraído del plato N°18 a una temperatura de 323-327°F, el producto luego va hacia el agotador T-107 donde se inyecta vapor sobrecalentado a 530lb/hr para controlar el punto de inflamación(reduciendo la presión parcial de los hidrocarburos, favoreciendo la vaporización y arrastre de los componentes más volátiles a la zona superior de la columna que tenga a presión y temperatura adecuada).

Luego cede calor mediante el intercambiador E-115 seguidamente va hacia los enfriadores con agua E-113/E-122 y es enviado con bomba P107 hacia la unidad de tratamiento, que consta de un filtro de soda(retener compuestos de azufre), un filtro de agua(eliminar partículas de agua y trazas de soda arrastrada), un filtro de sal(retener partículas de agua) y finalmente un filtro de carbón activado(para eliminar partículas en suspensión y demás componentes que causan mal olor).

Diesel.- Es extraído del plato N°8, a una temperatura de 520-524°F, parte del flujo es enviado como reflujo intermedio, usando una bomba P109, pasando por el intercambiador de calor E-114 donde cede calor al petróleo crudo para retornar al plato N°12 a temperatura de 415-420°F. El resto de flujo de diesel va al agotador T-102, donde no requiere vapor, sale por el fondo hacia el intercambiador E-105 donde precalienta al crudo que ingresa a la unidad de destilación. Luego es bombeado, con bomba P104, al enfriador E-107, con agua, finalmente es recepcionado en un tanque de almacenamiento.

Residual.- Es extraído del fondo de la unidad de destilación a temperatura de 576-582°F, donde se inyecta vapor

sobrecalentado a razón de 600lb/hr (para disminuir la presión parcial de los hidrocarburos, favoreciendo la vaporización y arrastre de los componentes más volátiles a la zona superior de la columna que tenga a presión y temperatura adecuada), luego pasa por la bomba P103 para ser enviado hacia los intercambiadores E-106 y E-101 para precalentar al petróleo crudo, siendo recepcionado en un tanque de almacenamiento. Ver diagrama de producción.

CAPITULO VII

OPTIMIZACION ENERGETICA EN REFINERIA DEL TIPO TOPPING

7.1 OPTIMIZACION ENERGETICA

La optimización del consumo de energía por unidad de producción es un objetivo prioritario, no sólo porque supone incrementos de eficiencia y reducciones de costos, sino porque permite reducir las emisiones a la atmósfera asociadas al consumo de combustibles. Este último referido a la emisión de contaminantes formado durante la combustión, SO_2 y NO_x , responsables de la “lluvia ácida”, también tiene singular importancia en relación al CO_2 , el cual supone la principal contribución al llamado “efecto invernadero”; en este sentido se asume que el principio de precaución recomienda proponer medidas que conjuguen el interés ecológico, económico y social.

La industria petrolera, especialmente en el área de Refino, es un importante consumidor de combustibles, a lo que contribuye la necesidad creciente de incrementar la complejidad de las operaciones desarrolladas en las refinerías. Paradójicamente, esta mayor complejidad es consecuencia de los requerimientos medioambientales cada vez más exigentes en relación a las condiciones de operación y, en especial, a la calidad medioambiental de los productos. El aumento de capacidad de conversión necesario para convertir los productos pesados en otros ligeros más limpios tiene asociado un importante consumo energético.

Por otro lado, la producción de combustibles con un contenido de azufre cada vez más bajo requiere el empleo de grandes cantidades de hidrógeno, producido habitualmente mediante el reformado con vapor de gas natural o nafta, proceso que emite en forma de CO₂ el carbono contenido en esos combustibles.

En otras áreas de actividad se produce el mismo efecto, una mayor protección medioambiental lleva asociado un incremento del consumo energético. Por ejemplo, en el área de Exploración y Producción se considera óptimo reinyectar el agua de producción que se extrae junto con los hidrocarburos en el propio yacimiento, pero esta operación de bombeo es energéticamente intensiva.

Desde luego, estos consumos adicionales pueden compensarse, al menos parcialmente, mediante medidas de ahorro y eficiencia energética.

7.2 REFINERIAS TOPPING OPCIONES DE AHORRO

7.2.1 Ahorro de Energía

La industria del refinado del petróleo es consumidora intensiva de energía, tanto en forma de combustible directamente aplicado en los numerosos hornos y calderas que la integran, como en forma de energía eléctrica, utilizada esencialmente para accionamiento de motores y en menor medida, aunque en cantidades nada despreciables en el alumbrado de las plantas.

La importancia relativa de los costes energéticos dentro del refino de petróleo se puede apreciar al considerar que representa:

- 40,0 % de los costes totales, incluyendo amortizaciones.
- 80,0% de los costes variables.

A las razones puramente económicas para mejorar la eficiencia energética, se han sumado las consideraciones medioambientales, siendo de primer tema de la preocupación social. La reducción en los consumos energéticos implica automáticamente menor emisión de contaminantes formados durante la combustión, SO_2 y NO_x , responsables de la "lluvia ácida", junto a la reducción del CO_2 emitido, principal acusado de provocar el cambio climático en nuestro planeta a través del "efecto invernadero".

7.2.2 Contabilidad Energética en las Refinerías

Una peculiaridad de esta actividad reside en que la materia prima y los combustibles son prácticamente indistinguibles, lo que justifica integrar en el mismo concepto dos sumandos que en la mayor parte de las industrias distintas al refino de petróleo acostumbran a estar netamente diferenciados: consumos energéticos en forma de combustible y mermas o pérdidas indeseadas del producto.

El volumen de consumos y mermas de las refinerías, consideradas en un sentido amplio, está comprendido en un amplio intervalo, típicamente en el rango 6 - 15 % del crudo destilado. El valor concreto de cada refinería particular está condicionado por diversos factores:

- ❖ Tamaño y nivel de actividad.
- ❖ Complejidad del proceso de refino.
- ❖ Diseño de las unidades.
- ❖ Severidad de los tratamientos.
- ❖ Gestión energética.

Esta multiplicidad de influencias causa ciertas dificultades prácticas, entre las que merece destacarse:

1. Contabilidad energética: Cuando se pretende comparar diferentes situaciones, bien sea entre distintas refinerías, o incluso distintos períodos dentro de la misma unidad, el contraste directo de las cifras de consumo no es representativo, se precisa introducir una serie de correcciones que tomen en consideración los parámetros de funcionamiento (nivel, severidad, etc.).

2. Diseño de nuevas calidades de productos: En los últimos tiempos, al considerar toda la problemática asociada a las nuevas especificaciones de combustibles con objeto de minimizar el impacto medioambiental que produce su consumo, ha pasado a primer plano la fuerte influencia que ejerce las condiciones de operación sobre los consumos energéticos. Hoy forma parte de la cultura en el sector, que al evaluar la incidencia de un cierto combustible sobre el entorno, es imprescindible considerar el ciclo de vida completo del mismo, por lo que al efecto inmediato debido a la combustión, se tiene que añadir el originado en su fabricación.

La interacción calidad – consumo se presentó con total claridad cuando se definió las características de la futura gasolina sin plomo, necesaria para poder utilizar la nueva familia de automóviles provistos de catalizador trifuncional. Al especificar el octanaje más conveniente desde el punto de vista energético, había que hallar el equilibrio entre dos fenómenos contradictorios:

- Alto número de octano, significaba que los diseñadores de motores podían proyectar mayores relaciones de compresión, que conduce directamente a mejorar la eficiencia energética del ciclo termodinámico.
- Elevar el octanaje de las gasolinas implica necesariamente mayor severidad en los procesos de las refinerías, lo que comúnmente implica aumentar el consumo energético.
- Un minucioso estudio llegó a la conclusión que los números de octano 95 RON y 85 MON eran los que producían un consumo energético mínimo al considerar el ciclo de vida de la gasolina.

7.2.3 Origen de los Consumos y Mermas

En una aproximación preliminar, suele admitirse que la entalpía de los productos petrolíferos comerciales varía escasamente en relación a la del crudo original, por lo que resulta razonablemente preciso despreciar las posibles diferencias en contenido energético entre ambas.

Con esta hipótesis, la práctica total de la energía consumida durante el proceso ha de ser forzosamente disipada al medio ambiente y en menor medida a caudales acuáticos, por lo que una previa medida, será el control del caudal y temperatura de las principales corrientes de refino que desembocan en estos medios:

- Humos de chimeneas.
- Torres de refrigeración.
- Funcionamiento de los aerorrefrigerantes.
- Régimen de la antorcha.
- Efluentes acuosos.
- Magnitudes que serán complementadas con el balance neto de exportación/importación de los distintos recursos

energéticos (gas combustible, vapor, energía eléctrica, etc.).

Observando con mayor detalle las causas del gasto, las instalaciones consumidores de energía más relevantes dentro de las unidades de refino pertenecen a cuatro categorías principales:

- Hornos y calderas.
- Columnas de destilación.
- Equipos de accionamiento (motores y turbinas principalmente).
- Instalaciones generadoras de energía eléctrica.

Pero íntimamente relacionados con estos se hallan otros equipos:

- Redes de vapor.
- Redes eléctricas de distribución.
- Aislamiento térmico.
- Intercambiadores de calor.
- Líneas de transporte de productos y parques de almacenamiento.

Mientras que en el caso de mermas cabe destacar los siguientes:

- Incertidumbre en calidades y medidas.
 - Contenido de agua en el crudo original
 - Variación de densidades con temperatura
 - Exactitud de los propios sistemas de medida
- Sistema de antorchas.
- Pérdidas por evaporación.

- Sistema de tanques de almacenamiento.
- Unidades de proceso.
- Varios.
- Efluentes líquidos.

La problemática energética es muy similar en todas las refinerías, por lo que no es de extrañar que haya existido un marcado interés por establecer procedimientos normalizados de cuantificación, en especial para establecer comparaciones válidas entre diferentes plantas.

7.2.4 Principales áreas de mayor oportunidad de ahorro energético:

Iluminación. La iluminación es un tema complejo debido a la gran diversidad de equipos disponibles en el mercado, sus aplicaciones y la subjetividad con la que cada persona la percibe. Desde un punto de vista energético, el gasto en iluminación puede representar un porcentaje muy elevado de la factura energética (llegando a superar el 50% en oficinas).

El diseño de un sistema de iluminación requiere del conocimiento de una serie de factores:

- Nivel de iluminación. La intensidad lumínica debe ser la adecuada para el trabajo que se realiza.
- Calidad de la luz. Deberán evitarse problemas de deslumbramiento. También deberán tenerse en cuenta los posibles aspectos cromáticos de la misma.
- Rendimiento energético. Energía consumida para conseguir el nivel de iluminación requerido.
- Costo. Debe evaluarse el costo de los sistemas de

iluminación y también el costo energético que llevan implicados estos sistemas.

La decisión sobre el tipo de sistema a utilizar deberá realizarse tras sopesar cada uno de estos factores. Además del posible ahorro energético por la adecuada selección e instalación de los equipos de iluminación, existen ciertas medidas que permiten ahorrar cantidades significativas de energía (apagar luces que no se utilizan, mantenerlas limpias,...).

Acondicionamiento de Edificios. La energía que se utiliza para el acondicionamiento de edificios tiene como objetivo mantener la temperatura en niveles adecuados para tener una sensación de confort (mediante sistemas de calefacción y aire acondicionado), y para mantener unos niveles de renovación de aire adecuados (mediante sistemas de ventilación).

Un sistema perfecto para el acondicionamiento de edificios supondría que una vez alcanzada la temperatura deseada en su interior, no habría que realizar ningún otro aporte energético para mantenerlo.

Sin embargo, incluso en el mejor de los casos, los edificios tienen pérdidas de calor hacia el exterior, lo que hace que deba realizarse un aporte continuo de energía para compensarlas. Cuanto menores sean esas pérdidas, menor gasto energético se realizará.

En muchas ocasiones la factura energética del acondicionamiento es muy elevada, sin que las empresas

tengan conciencia clara de ello. De hecho, suele ser uno de los puntos que más oportunidades ofrece a la mejora de la eficiencia energética.

Equipos Eléctricos. La utilización de la electricidad es muy sencilla, lo cual conduce en muchas ocasiones a su desperdicio. Sin embargo, también es fácil su control, con lo cual constituye una manera relativamente sencilla de obtener importantes ahorros energéticos.

Aparte de los beneficios económicos que pueda obtener la empresa por la reducción en su factura de energía eléctrica, la reducción en el consumo de esta forma de energía lleva asociados grandes beneficios medioambientales por varios motivos.

Se reducen las pérdidas por su transporte en la red eléctrica.

Se reducen las pérdidas en el sistema de generación de la misma (gran parte de las centrales de producción de energía eléctrica tienen rendimientos próximos al 30%).

Así mismo el consumo de energía eléctrica constituye uno de los aspectos claves a la hora de controlar la gestión de la energía en la empresa. La máxima eficiencia en la utilización de la energía eléctrica pasa inicialmente por la adopción de una serie de hábitos de ahorro en su consumo. No obstante, existen otros aspectos que deben considerarse seriamente, tales como son los siguientes:

- Discriminación horaria.
- Factor de potencia

El factor de potencia es un dato clave a la hora de estudiar la eficiencia energética de una instalación eléctrica de corriente alterna. Existen dos tipos de potencia: activa y reactiva. La potencia activa nos indica la energía útil de la red, puesto que se transforma íntegramente en calor y/o trabajo mecánico. La potencia reactiva, en cambio, constituye energía no útil y tiene su origen en los campos magnéticos generados por los motores, balastos de iluminación, etc.

La presencia de energía reactiva debe limitarse dado que genera mayores pérdidas energéticas en forma de calor por efecto Joule y obliga a sobredimensionar de modo innecesario la red eléctrica. Por este motivo, las compañías eléctricas contabilizan la presencia de energía reactiva en las instalaciones eléctricas de las empresas, introduciendo un complemento por energía reactiva (penalización o bonificación) en su factura de la electricidad.

La corrección del factor de potencia se efectúa mediante la instalación de baterías de condensadores en la red. Su adecuada selección y ubicación son determinantes a la hora de alcanzar la máxima eficiencia energética, dado que pueden instalarse de forma que realicen una corrección global (de toda la instalación), parcial (por zonas) o local (por máquina) del factor de potencia. El óptimo vendrá dado por el correspondiente análisis económico de cada instalación concreta.

En una unidad de proceso, principalmente se realiza en equipos rotativos, bombas de proceso, donde es importante la reducción de consumo de energía reactiva asociado al

arranque o prendido, utilizando un banco de condensadores dado que generalmente son altos en toda operación de refinación.

Calderas. Las calderas son los equipos más utilizados para el aprovechamiento energético de los combustibles por la producción de vapor saturado mediante una buena atomización, es decir una relación optima combustible/aire. A diferencia de los equipos eléctricos, son sistemas que no suelen tener eficiencias térmicas muy elevadas. En estos casos se puede aumentar su eficiencia modificando las condiciones de operación y sobre todo, realizando un correcto mantenimiento de las mismas. Esta última acción originara también un aumento de la seguridad de la instalación.

Hornos. Es el equipo principal de mayor aprovechamiento energético por la quema de un combustible.

La eficiencia dependerá del nivel de transferencia de calor teniendo como objetivo el consumo de menos combustible en la atomización del horno, realizando el control de gases de chimenea que permitirá determinar el cumplimiento optimo de exceso de O₂ recomendado por diseño, que a su vez es controlado o regulado por apertura de persianas o damper, así mismo es necesario la optimización del vapor utilizado para la pulverización o dispersión a presión del combustible.

En Tren de Precalentamiento. Son unidades de aprovechamiento energético por transferencia de calor de líquidos mas calientes hacia la carga, teniendo como objetivo precalentar la carga de alimentación al horno, optimizando para reducir o mantener la temperatura de salida de carga del

horno, que expresa el calor necesario para obtener la separación de los productos mediante el consumo óptimo de combustible en el horno.

Así mismo en esta unidad es necesario realizar una evaluación del orden de los intercambiadores y un mantenimiento preventivo con la finalidad de optimizar la temperatura en la carga de ingreso al horno.

En Agotadores. Es una unidad de importante ahorro energético mediante la optimización del vapor que se inyecta al corte o producto alineado a esta unidad para cumplir con la especificación de calidad exigida.

En unidad de Destilación Primaria. La operación de la columna a presión de tope óptimo, permite obtener ahorros energéticos utilizando menos vapor en agotadores y también menos combustible en el horno.

Pero cumpliendo con las especificaciones de calidad de los productos salientes de la unidad de destilación primaria.

En Unidades Auxiliares. Son unidades que representan importante ahorro energético, mediante el consumo óptimo de vapor de calentamiento del combustible y líneas de transferencia o alimentación hacia el horno, controlando las temperaturas óptimas para atomización y el funcionamiento óptimo de las trampas de vapor eliminando todo tipo de fugas.

Aire Comprimido. La producción de aire a presión en la industria es un proceso muy caro desde un punto de vista energético, ya que gran parte de la energía consumida por el

compresor se pierde en forma de calor. Sin embargo, la mayor parte de los empleados no son conscientes de su elevado costo.

Una mala utilización de este servicio, o un mal mantenimiento de la instalación (sobre todo en lo que concierne a la detección de fugas), suponen un desperdicio energético (y por supuesto económico).

El caudal de calor que se elimina en el compresor puede utilizarse como una corriente residual de baja temperatura, bien para sistemas de calefacción, para el precalentamiento del aire de alimentación a calderas, o para su utilización como foco frío en una bomba de calor.

En una unidad de proceso, en el caso de válvulas neumáticas de control, es importante la minimización de las pérdidas o capacidad utilizada de aire con la finalidad de tener el número óptimo de horas maquina trabajada en los compresores de aire reduciendo el consumo de energía eléctrica.

7.3 IMPORTANCIA DE LOS AHORROS EN ESQUEMAS DE OPTIMIZACION ENERGETICA

El consumo de energía, debido a la complejidad y tamaño de las refinerías, alcanza cifras muy importantes, siendo de mucha importancia los ahorros energéticos en las operaciones de refinación, constituyendo el control de los consumos una actividad prioritaria en la gestión diaria de las refinerías, con este propósito se crea un grupo de trabajo con el objetivo de desarrollar, controlar y evaluar un

programa para la reducción de consumos y mermas dentro de las refinerías.

El plan, cuyo criterio director será la rentabilidad de las medidas a implantar, prevé actuar sobre los dos factores claves en la eficiencia del ahorro de energía:

- Gestión (En una primera aproximación no precisa inversiones).
Mejoras en los métodos de operación, mantenimiento y control, que serán plasmados en procedimientos escritos, con el propósito de dotarles de continuidad.
- Diseño (Probablemente acompañado de inversiones).
Estudiando posibles modificaciones en los esquemas de producción, e implantando aquéllas de rentabilidad adecuada.

Teniendo en cuenta que el criterio director del plan es la mejora en el margen de operación que proporciona el ahorro energético, un punto del mayor interés es la comprobación de la rentabilidad de las inversiones realizadas.

En este sentido, se realiza un seguimiento minucioso, donde se detectan posibles desviaciones de las previsiones, confirmando una vez más la sentencia: la mejor energía alternativa es el ahorro energético.

Ejemplo de Realización

En todo proceso de refinación las diferentes modalidades de uso de óptimo de energía permite generar ahorros por la minimización de pérdidas de calor en unidades de proceso (intercambiadores, agotadores, calderos y hornos) y servicios auxiliares (en acondicionamiento del combustible a quemar), el cual permitirá tener

la temperatura óptima de la carga para la separación en los cortes deseados con la calidad exigida en la unidad de destilación primaria.

Horno, como sucede con frecuencia realizar modificaciones o mejoras en el esquema de refinado, el objetivo a alcanzar es múltiple. Por lo común entre las metas a conseguir se encuentran aspectos tales como:

- Aumento en la eficiencia
- Mejoras en transferencia de calor, por modificaciones en el diseño
- Reducción de los consumos energéticos, en el uso óptimo de vapor, aire y combustible.
- Reducción de energía, por pérdidas de vapor (en líneas de calentamiento), por transferencia de calor en tren de precalentamiento.
- Reducción de los periodos de mantenimiento en el horno, por limpieza de tuberías internas.

También los ahorros tienen importancia en el consumo óptimo de energía eléctrica por el uso apropiado de cada equipo utilizado en el proceso, reduciendo el número de equipos para el mismo fin y el alto consumo de energía reactiva utilizando un banco de condensadores.

CAPITULO VIII

FUNDAMENTO TEORICO DEL HORNO DE PROCESO

8.1 FUNCIONAMIENTO DE UN HORNO

En la mayor parte de las instalaciones de refinería, la aportación de calor necesario para el proceso se consigue mediante un horno de calentamiento directo, en el que las calorías producidas por la combustión se transmiten, por radiación, conducción y convección, al fluido a calentar que circula por un serpentín tubular, o por haz de tubos.

El horno se compone de una **Zona de radiante** en la que los tubos están expuestos directamente a la llama y reciben el calor por radiación, de los productos de combustión. Esta zona es denominada cámara de combustión donde se desarrolla la llama.

La **zona de convección**, se instala a la salida de los humos de la cámara de combustión. Está formada por un haz de tubos colocados al tresbolillo, perpendicular o paralelamente a la dirección de los humos. En ambos casos, se procura obtener una velocidad elevada de los humos, a fin de obtener un elevado coeficiente de transmisión.

Un horno debe poseer suficiente superficie de calentamiento para que el calor se pueda transferir al petróleo líquido o a los vapores del petróleo. La distribución entre el número de tubos radiantes y tubos de sección de convectiva debe ser la adecuada para que el calor se transmita eficientemente. Otro factor importante es la caída de presión en los tubos.

Las grandes caídas de presión causan elevados gasto de bombeo. Por todas estas razones, son muy importantes el número, tamaño y situación de los tubos de los hornos.

La envoltura metálica del horno debe ser lo suficiente fuerte para resistir las acciones del viento y soportar el conjunto del haz tubular. Esta formada por un esqueleto de escultura y por chapas atornilladas o soldadas sobre dicho esqueleto. Como la cámara de combustión esta a una presión inferior a la atmosférica, debido al tiro de la chimenea, esta envoltura debe ser lo suficientemente estanca para evitar entradas parásitas de aire, que tendrían un efecto perjudicial en el rendimiento del horno.

Las paredes interiores del horno, particularmente en la cámara de combustión, se protegen contra los efectos de la temperatura mediante un recubrimiento refractario y aislante que, por otra parte, tiene por objeto reducir las perdidas caloríficas al exterior.

Las paredes verticales, están provistas de orificios en los que se colocan quemadores. Un cierto número de mirillas permite observar la combustión, la forma de las llamas, y estabilidad de los tubos; en las paredes están colocadas las puertas de acceso al anterior del horno.

A través de la **chimenea** salen los humos del horno. La chimenea tiene forma cilíndrica y esta situada directamente sobre el horno. El conducto que conduce los humos desde la base de la chimenea se llama canal de humos.

El papel de la chimenea es múltiple. Su primera función es conducir los humos a la atmósfera a una altura tal, que no ocasione

el menor riesgo de contaminar su vecindad, esto es importante particularmente en las instalaciones muy apretadas, donde las chimeneas de los hornos deben ser más elevadas que las columnas más próximas. Además, la chimenea, por su tiro, coloca la cámara de combustión en depresión, provocando de esta manera la entrada de aire necesario para la combustión a través de las aberturas de aire de los quemadores. Sus dimensiones, altura y diámetro, deben ser calculados para obtener este tiro.

La chimenea está corrientemente protegida interiormente, al menos en su parte inferior, donde los humos están muy calientes, mediante una capa de hormigón refractario, que permite construir la chimenea en acero ordinario. En su base, a menudo, se encuentra un registro que permite regular el tiro. Este registro debe construirse en un acero resistente a la temperatura en los hornos.

Limpieza de hollín. El ensuciamiento de la superficie exterior de los tubos es mucho más perjudicial en la zona de convección puesto, que además de empeorar la transmisión de calor, aumenta a la vez la pérdida de la carga en esta zona. El efecto negativo es aun más espectacular cuando los serpentines, en la parte de la convección, llevan pitones o aletas. Por eso se necesita una limpieza de la misma. Entre los distintos sistemas de limpieza conocido quizá el más aplicado en hornos sea el de sopladores de hollín.

Los medios usados para la limpieza son aire, vapor y agua. El aire es el menos utilizado debido a su alto costo. El más frecuentemente aplicado es el vapor, entre 150 y 200 psig. También se aplica el agua en precalentadores de aire y economizadores, siempre y cuando exista medios fáciles de

recolección de esta agua. El agua quizá sea un medio de limpieza cada vez más aplicada en aquellas zonas donde el hollín se hace pegajoso por la baja temperatura en que están los humos como en los precalentadores de aire y economizadores.

Se puede distinguir entre sopladores rotativos y sopladores retráctiles.

Los sopladores rotativos tienen una lanza fija rotativa con serie de agujeros por donde sale el vapor a presión. Tienen la ventaja de una construcción sencilla, y por eso son económicos.

Sin embargo, presentan el inconveniente de la continua exposición de la lanza a los gases de combustión (se corroe fácilmente) y fácil taponamiento de algunos agujeros, con su correspondiente pérdida de eficiencia.

Los sopladores retráctiles por su parte tienen la lanza retraída, cuando no funcionan, y no sufren por el contacto con los gases de combustión ya que el tiempo de exposición a los mismos es muy corto.

La eficiencia del soplador retráctil, comparado con la rotativa es mayor por la existencia de agujeros solo al final de la lanza. Esto origina un chorro de vapor más fuerte y por eso es más eficaz en la limpieza.

Lógicamente este soplador necesita una construcción más robusta y fuerte que el rotativo y por ello resulta sustancialmente más caro. Además de ello el soplador retráctil, ocupa más superficie fuera del horno y necesita una plataforma mayor con su estructura correspondiente, lo que aun encárese más este tipo de soplador. A

pesar de estas desventajas económicas, existen una gran tendencia al uso de soplador retráctil.

El consumo de vapor para los sopladores retráctiles es aproximadamente entre 1400 y 4000 lb/hr. La diferencia entre el mínimo y el máximo depende del recorrido de la lanza. Cuando mas larga sea la lanza, mayor será el consumo de vapor.

Como ya se ha indicado anteriormente, la superficie extendida puede ser muy perjudicial para la limpieza del hollín. Las aletas o los pitones son sitios por excelencia donde se pueden depositar el hollín y así perjudicar gravemente el intercambio de calor entre humos e hidrocarburos. Esto fuerza cada vez a una elección menos densa de la superficie extendida hasta que en varios casos ya se eliminan por completo la superficie extendida aplicando el tubo liso. Esta configuración gana también terreno en aquellos casos en que se utilizan combustible muy pesado produciendo grandes cantidades de hollín.

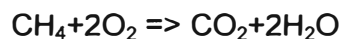
8.2 MECANISMO DE COMBUSTIÓN

La mayoría de combustibles líquidos no se evapora rápidamente por cuya razón el sistema de combustión tiene que disponer de medidas adecuadas para que se produzca la evaporación. Además el sistema tiene que proporcionar la correcta cantidad de oxígeno para así tener la combustión.

En los hornos, el aire provee el O_2 y tiene 21% de oxígeno y 79% de nitrógeno, siendo este último en gas inerte que no contribuye en la combustión

La relación del combustible a oxígeno (aire) es crítica. Si esta relación es muy pequeña, la mezcla será muy pobre para quemarse y viceversa. El límite de la relación combustible – oxígeno se llama límite de inflamabilidad del combustible.

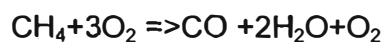
Ejm: Una combustión completa y perfecta sería:



Considerando la combustión del Metano (CH₄), se necesita 2 pies cúbicos de O₂ para quemar 1 pie cúbico de CH₄. Como el aire tiene el 21% de oxígeno se necesitaría 10 pies cúbicos de aire.

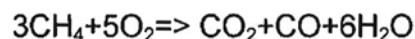
Es completa porque todo el CH₄ se ha convertido en CO₂ y es perfecta por que hay suficiente cantidad de oxígeno para quemar todo el carbono y el hidrógeno sin que sobre el oxígeno.

Ejm: Una combustión completa pero no perfecta sería:

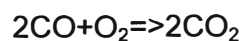


Donde hay más oxígeno que lo necesario, los hornos estarían trabajando en consecuencia con un exceso de aire.

Ejm: Una combustión incompleta sería:



Donde el aire es insuficiente o se mezcla incorrectamente con el combustible, arderá parte del carbono para formar monóxido de carbono (CO), el cual se quemará para dar dióxido de carbono (CO₂) si hubiere más aire:



La combustión recomendada en los hornos es la que resulta completa con un exceso de aire del 25 a 30%.

En cualquier sistema de horno es necesario:

- Preparar el combustible para la combustión, y si es un líquido hay que convertirlo en vapor.
- Que el combustible y el aire estén con presiones y temperatura adecuadas para el encendido y la combustión.
- Transferir a los tubos del horno el calor de los productos de la combustión. Al mismo tiempo, hay que dejar suficiente calor en la zona de combustión.
- Con combustible líquido, las funciones de mezcla, encendido y combustión se producen en pequeño intervalo de tiempo que emplean el combustible y el aire en trasladarse desde el quemador hasta la entrada a la chimenea del horno.
- El quemador y el horno tiene funciones independientes en la operación total de la combustión. Poco es lo que pueda hacer el horno para corregir las deficiencias del quemador y viceversa.

8.2.1 Formas de propagación del calor

El calor se propaga por conducción, convección y radiación. El funcionamiento del horno, es un buen ejemplo del uso de los 3 métodos para transmitir calor. El horno esta provisto de tubo de aleación o de acero al carbono ASTM-106 Sch 40, por donde circula el petróleo crudo. Los quemadores encendidos irradian calor a los tubos metálicos.

Estos tubos que pueden “ver” la llama y que por lo tanto recibe el calor radiante, se llama tubos radiantes.

El calor pasa por los tubos hasta el petróleo o sea por conducción. La velocidad del fluido por los tubos es alto teniendo la característica de un flujo turbulento. Esta mezcla de petróleo caliente que circula junto a la pared del tubo con el más frío que va por el centro es un ejemplo de calentamiento por convección.

Algunos tubos del horno se calientan por contacto con los gases de la chimenea, los gases producto de la combustión ascienden y pasan por la zona convectiva del horno. El banco de tubos que se encuentra en esta zona al entrar en contacto con los gases caliente absorbe el calor y lo transfiere al petróleo que circula en su interior, en esta zona la transferencia de calor se efectúa tanto por convección como por conducción.

La distribución entre el numero de tubos de la zona radiante y los tubos de la zona convectiva debe ser adecuado para que el calor se transfiera eficientemente, y la temperatura de los gases de chimenea sea lo suficientemente bajas de modo que no origina problemas de corrosión en los tubos de la zona convectiva.

8.2.2 Emisiones gaseosas en chimenea horno

Dióxido de Azufre (SO₂)

El dióxido de azufre es un gas incoloro, no inflamable, es fácilmente detectable o permisible cuando se encuentra en concentraciones del orden de 900 ugr/m³ o superiores.

El dióxido de azufre es un contaminante artificial que proviene de la oxidación de combustibles fósiles. Estos combustibles

son empleados para la producción de energía en la mayoría de los procesos industriales, tales como los procesos de combustión en las refinerías de petróleo.

Los efectos nocivos del SO_2 al combinarse con las partículas en suspensión se potencian, mas aun al tener contacto con la humedad del ambiente se producen las llamadas “lluvias ácidas”, las cuales afectan el ambiente donde se producen las precipitaciones fluviales.

Óxidos de nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno son contaminantes gaseosos que se producen en los procesos de combustión, se identifican dentro de estos óxidos el NO y el NO_2 la concentración porcentual de formación de estos gases dependerá básicamente de la temperatura de combustión.

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro, estable e insípido, algo más ligero que el aire.

En concentraciones elevadas es muy toxico, siendo letal en muchos casos. La combinación del monóxido de carbono en la hemoglobina de la sangre produce un compuesto llamado carboxihemoglobina, el cual al ingresar al torrente sanguíneo causa serios trastornos fisiológicos.

El monóxido de carbono (CO) es un gas que se genera en todas los procesos de combustión que se realizan en forma químicamente incompleta, tales como en los hornos.

CAPITULO IX

DEFINICION DEL PROBLEMA

TERMINOLOGÍA DEL PROBLEMA EN EL HORNO

En Refinería Pucallpa ante la necesidad de incrementar permanente la capacidad de procesamiento de carga de Petróleo Crudo a 3,400 BPD, se realiza la evaluación de energía en el proceso de destilación primaria, determinando las siguientes limitaciones:

En unidad de precalentamiento.

La carga alimentada al horno es previamente precalentada en serie en cinco intercambiadores de calor, los cuales presentan un menor riesgo de pérdida de energía según la evaluación del comportamiento de los registros de temperaturas y presiones a la entrada y salida en cada intercambiador, determinándose como punto no crítico.

En el Horno de Proceso:

En Diseño mecánico. Es necesario realizar un cambio de la Zona transición convectiva-chimenea, el cual permitirá un aumento en el tiempo de residencia de los gases en esta zona de transición, disminuyendo la temperatura de chimenea y un mejor aprovechamiento del calor de combustión.

El Combustible a quemar. Es necesario realizar la Evaluación técnico económico del combustible apropiado principalmente de menor costo y mayor poder calorífico.

En la zona radiante y zona convectiva. Es necesario realizar la evaluación del Nivel de ensuciamiento, deterioro físico del sistema de aislamiento, el cual permitirá determinar el comportamiento de la eficiencia del horno que dependerá de la transferencia de calor en estas zonas.

CAPITULO X

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DEL HORNO

10.1 DESTILACION

PRIMARIA

El horno de proceso suministra la energía necesaria para elevar temperatura del precalentado del petróleo crudo de 348°F hasta alcanzar la temperatura de flasheo de la alimentación a 645°F

El horno es de tipo cabina, con una zona radiante con tubos dispuestos horizontalmente, pegado a los lados de la pared del horno, en esta zona el calor es transferido por radiación por efecto de la alta temperatura de la llama del quemador y una zona convectiva con tubos empaquetados 4 filas de 4, 2 de ellos con aletas, donde el calor es transferido por convección desde los gases calientes, producto de la combustión. En total se tiene 42 tubos, 26 en la zona radiante y 16 en la zona convectiva, la alimentación ingresa por el tubo N°1 en la zona convectiva y sale por el tubo N°42 en la zona radiante, dejando el tubo N°3 y N°4 de la zona convectiva para la producción de vapor sobre calentado, para su uso en el propio horno, columna de destilación, agotadores y en sistemas de seguridad industrial, de forma que no se tenga en la línea perdida por condensación.

En la zona radiante se transfiere el 70% de la energía ganada por la carga de alimentación y el 30% en la zona convectiva.

La fuente principal de energía térmica a la unidad es el horno, por lo que el costo de combustible es un factor esencial del costo de

operación de una refinería. Es importante, por lo tanto, que los hornos de la refinería trabajen en forma eficiente. Para ello es necesario comprender los principios básicos de la combustión, equipos que se usan y como se obtiene el mejor rendimiento de los mismos.

10.2 OPERACIONES DESEADAS EN EL HORNO

Las operaciones deseadas son:

- Mantener la carga de procesamiento a eficiencia máxima.
- Mantener un flujo adecuado de aire para la combustión.
- Mayor generación de calor por combustión de un combustible adecuado.
- Menores costos por mantenimiento.

Con la finalidad de poder cumplir con los requerimientos óptimos de energía es necesario realizar la evaluación en operación y en parada de planta, del nivel de ensuciamiento en las zonas de transferencia de calor, de las modificaciones en el diseño o reparación en el sistema de aislamiento del horno y la evaluación del combustible a quemar en el horno, por ejemplo realizando lo siguiente:

En zona radiante: Cambio total de 06 tubos en promedio, (de diámetro 4" OD acero al carbono ASTM-106 Sch 40), los cuales superan el límite mínimo de espesor recomendado por fabricante, algunos presentan cierta deflexión, poseen un color azulado producto del recalentamiento, así mismo se encuentran cubiertos de incrustaciones, generalmente de hollín.

En zona convectiva: Limpieza mecánica y química (grafitado) a 08 tubos aleteados en promedio, diámetro 4" OD, generalmente se

encuentran completamente cubiertos con incrustaciones y polvillo color rojizo (óxido de hierro) en el espacio entre aletas, también algunos tubos presentan deflexión, siendo reemplazados.

En zona de las paredes: Reemplazo de algunos refractarios, producto de las fisuras y desprendimiento, en la solera de los quemadores, paredes del horno y pórtico central, donde se realiza encofrado y vaciado de refractario utilizando "castable alta alumina Repsa".

Zona transición convectiva-chimenea: Cambio de la zona de transición de una forma rectangular (7.1mx0.8m) por una forma tronco cónica, con base cuadrada para el acople de la chimenea (1.34mx1.34m), longitud 7.1m, ancho 1.27m, altura 0.8m, interiormente tiene un aislamiento térmico de manta kaowool (densidad 128kg/m³) de 5" de espesor que presenta tratamiento de regizado, área cubierta 13.8m². Esto permitirá un aumento en el tiempo de residencia de los gases en esta zona de transición, disminuyendo la temperatura de chimenea y un mejor aprovechamiento del calor de combustión.

El horno modificado debe satisfacer el procesamiento de una carga máxima de crudo, con una eficiencia térmica superior a 77%, lo cual se debe alcanzar, con la nueva zona de transición convectiva-chimenea, y el uso de un combustible óptimo en poder calorífico, menor grado de contaminación y un bajo costo económico, considerando la limitación de flujo de ingreso de aire para la combustión. **Ver Anexo 1.1**

10.3 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL COMBUSTIBLE ADECUADO

La Refinería inició sus operaciones el 11 de Setiembre de 1966, consta de una Unidad de Destilación Primaria, originalmente diseñada para procesar 2,500 BPD de Petróleo Crudo. La eficiencia original de diseño del horno fue de 75% - 77%.

En el año 2002 se efectuaron modificaciones en el Tren de Precalentamiento de Carga y en el Horno de Proceso, lográndose incrementar la capacidad de procesamiento a 3,400 BPD de Petróleo Crudo. La eficiencia de horno se incremento alrededor del 80% procesando Petróleo Crudo, el cual esta limitado al nivel de ensuciamiento en las zonas de transferencia de calor, al deterioro físico del sistema de aislamiento en el horno, a la limitación de ingreso de aire y a la protección ambiental por emisión de gases en chimenea.

Desde Noviembre del 2004 hasta la fecha, luego de la evaluación técnico económico de combustible, se utiliza Residual-5 como combustible en el horno en reemplazo de nafta (naftoil).

Análisis, usando combustible Naftoil

- Naftoil combustible de menor poder calorífico por unidad volumétrica.
- Mínima formación de ensuciamiento en los tubos de la zona convectiva del horno, se mantiene la eficiencia en la transferencia de calor.
- Bajos niveles de partículas de hollín en los gases de chimenea, debido a la buena calidad de combustión.
- Mayor requerimiento de volumen combustible, debido a su menor densidad.

- Menor requerimiento de vapor de atomización, por su facilidad de pulverización.
- Incremento apreciable de la longitud de llama con la carga, situación no favorable para la superficie de los tubos de la zona radiante.

Análisis, usando combustible Residual-5

- Residual-5 combustible de mayor poder calorífico por unidad volumétrica.
- Tendencia a la formación de ensuciamiento en los tubos de la zona convectiva del horno, tendencia a la reducción de la eficiencia en la transferencia de calor.
- Tendencia a la formación de partículas de hollín en los gases de combustión con altas cargas de procesamiento de crudo, debido a la menor calidad de combustión.
- Menor requerimiento de volumen de combustible, debido a su mayor densidad.
- Mayor requerimiento de vapor de atomización, por su mayor resistencia a la pulverización.
- Incremento moderado de longitud de llama con la carga de crudo. Ver Anexo 1.2

CAPITULO XI

EVALUACION DE RESULTADOS

11.1 RESULTADOS DE LA SELECCIÓN COMBUSTIBLE ADECUADO A EFICIENCIA MAXIMA OPERATIVA EN EL HORNO

Los datos y cálculos desarrollados para la determinación del calor de combustión de combustible, Duty, pérdidas de energía y eficiencia del horno se muestran en el **Anexo 1.3**, mediante cuadros y gráficos considerando datos evaluados a partir del mes de Mayo-2002 al mes de Noviembre del 2006.

11.2 EVALUACION DE RESULTADOS:

- El cambio de zona de transición convectiva – chimenea en el horno, permite un aumento en el tiempo de residencia de los gases en esta zona de transición, disminuyendo la temperatura de chimenea con un mejor aprovechamiento del calor de combustión, el cual permite procesamiento de una carga máxima de crudo, con una eficiencia térmica superior a 77%.
- El valor calórico del combustible residual 5 es mayor que del combustible nafta, donde para una misma carga referencial se tiene que quemar menos combustible en el horno para tener una temperatura de salida del crudo del horno optima, tal como se aprecia en gráficos y cuadro en anexo 1.2
- El uso de combustible residual 5 permite tener niveles menores en pérdida de energía respecto al combustible nafta, principalmente las pérdidas energía por chimenea, es decir un mejor aprovechamiento de calor en la carga, teniendo un comportamiento mas constante de la eficiencia máxima del horno, sujetos al nivel

de ensuciamiento de zonas de transferencia de calor, ver cuadro y grafico en anexo 1.3.2

- El uso de residual 5 como combustible, permite mayor requerimiento de vapor comparado con el combustible nafta, principalmente utilizado en la pulverización debido a las características propias del combustible, siendo necesario el acondicionamiento previa combustión, ver gráficos en anexo 1.2
- La eficiencia del horno varía en forma directa con la carga, pero en forma inversa con la temperatura chimenea, debido a la disminución de transferencia de calor a la carga por ensuciamiento de las zonas de transferencia de calor y a limitaciones del horno, ver cuadro y gráficos en anexo 1.3.1, 1.3.2.
- El comportamiento casi constante del nivel de eficiencia del horno respecto la carga esta limitado principalmente por la concentración de gases de chimenea, el cual se determina mediante un analizador de gases y que permite conservar las optimas y máximas condiciones de operación del horno por regulación de variables de control, ver cuadro en anexo 1.3.5
- La evaluación física del horno permite determinar, nivel o grado de deterioro de las tuberías, paredes, pórtico central, escudos de protección, y el grado de ensuciamiento de las zonas de transferencia, siendo este ultimo mayor cuando se usa combustible residual 5 que la nafta, ver fotografías en anexo 1.5
- La evaluación económica permite determinar según balance de costos que el uso de combustible residual 5 en el horno es el más rentable respecto a la nafta, considerando las inversiones, costos de mantenimiento, y otros, ver cuadro en anexo 1.5.

CAPITULO XII

JUSTIFICACION ECONOMICA

12.1 BASES DE LA EVALUACION ECONOMICA

Se asumieron las siguientes bases:

Periodo de evaluación.

Inversión	:	01 año
Operación	:	10 años
Total	:	11 años

Moneda.

Dólares constantes de 2006

Tasa de cambio	:	3.2512 nuevos soles/US\$
----------------	---	--------------------------

Depreciación.

Lineal en 10 años

Tasa de descuento.

Equivalente a 15%

Inversión.

Se calculo a base de una inversión propia al inicio del proyecto, el cual comprende gastos de seguro, pagos de impuestos, IGV, labor y supervisión. La inversión total calculada asciende a 15.2 MUS\$.

La inversión propia comprende:

- Aislamiento térmico (silicato de calcio) y recubrimiento metálico. El monto asciende a 10 MUS\$
- Adquisición de válvulas y accesorios. El monto asciende a 0.5 MUS\$

- Reemplazo de la zona de transición convectiva-radiante. El monto asciende a 4.2MUS\$.
- Instalación de serpentín y venas de calentamiento en tanque de almacenamiento de combustible y línea de alimentación de combustible al horno. El monto asciende a 0.5MUS\$

Ingresos.

Ahorro por cambio de combustible al horno, Residual 5 en reemplazo de Naftoil. Monto asciende a 365 MUS\$/Año

Egresos.

Se determino considerando:

- Limpieza química de tubos aleteados con equipo katcher por 1 día. El monto asciende a 0.5 MUS\$/Año
- Zona radiante. corte, soldeo por reemplazo de tubos (06) y u-bends. El monto asciende a 2MUS\$/Año
- Zona convect. corte y soldeo de u-bends de tubos (08) aleteados, limpieza química alta presión, grafitado y uso inhibidor corrosión. El monto asciende a 1 MUS\$/Año
- Parada de planta 1 día cada 2 años. El monto asciende a 29 MUS\$/Año
- Toma placa radiográfica, calibración de espesores por ultrasonido con equipo inspección en tuberías, 2 días. El monto asciende a 0.8MUS\$/Año
- Mantenimiento de pórtico central "refractario castable alta alumina REPSA Z-97, 40 Kg/Bg. El monto asciende a 0.4 MUS\$/Año
- Mantenimiento sistema aislamiento, venas y serpentín de calentamiento. El monto asciende a 0.4 MUS\$/Año

El precio de combustible. Se estimo igual al precio promedio neto MAPLEGAS del año 2002 al 2006 del naftoil a 61.3US\$/B y residual 5 a 59.94US\$/B.

Flujo neto de fondos

Se obtuvo el flujo neto de fondos con el cual se determino en valor actual neto al 15% para el año cero (VAN) y la tasa interno de retorno.

Resultados.

El valor actual neto al 15% obtenido es 1149.5 MUS\$ y la tasa interna de retorno 15.27%, mucho mayor a la tasa de descuento fijado por la empresa (15%), tal como se muestra en el apéndice. Ver Anexo 1.4

CAPITULO XIII

CONCLUSIONES

- El cambio de zona de transición convectiva – chimenea en el horno, permite un incremento en la carga de procesamiento de crudo, con una eficiencia térmica superior a 77%, por un mejor aprovechamiento de calor en esta zona y por lo tanto una reducción en la pérdida de calor por gases chimenea.
- Según el análisis comparativo de combustible quemado en el horno y por el valor calórico de combustión, en condiciones de una misma carga referencial y una temperatura optima de salida del crudo del horno, se concluye que el Residual-5 presenta una mayor eficiencia en la generación de calor y una reducción de costos operativos
- El uso de combustible residual 5 permite un mejor aprovechamiento del calor de combustión en la carga, por menores pérdidas de energía por chimenea, debido a que constituye la primera zona de pérdida de energía en el horno.
- El uso de residual 5 como combustible permite mayor requerimiento de vapor, presión (80psi) y temperatura (250°F), respecto de la nafta, usado para pulverización debido a su alta viscosidad. Esta desventaja es compensado por su mayor rendimiento energético.
- La variación directa de la eficiencia del horno con la carga e inversa con la temperatura chimenea, esta regulado principalmente por nivel de concentración de gases de chimenea, debido a la disminución de transferencia de calor a la carga por ensuciamiento de las zonas de

transferencia de calor, manteniendo constantes la temperatura optima salida carga y las variables de control operación en el horno.

- El control óptimo de operación del horno por regulación de la carga manteniendo una eficiencia máxima y con niveles óptimos de concentración de gases de chimenea, permite tener un comportamiento casi constante del nivel de eficiencia del horno respecto a la carga.
- Según la evaluación física del horno se determina, los costos por mantenimiento, limpieza, reemplazo de tuberías, accesorios y cambios o mejoras en el diseño del horno.
- Según la evaluación económica el proyecto indicado por cambio de combustible de nafta a residual 5 es muy rentable, con un valor presente neto (1149.5 MUS\$) mayor a cero y tasa interna de retorno(15.27%) mayor a tasa de descuento fijado(15%) y con una recuperación de inversión en 01.14 meses.

CAPITULO XIV

RECOMENDACIONES

- Efectuar en parada de planta la limpieza integral de los tubos de las zonas radiante y convectiva del horno.
- Instalar en parada de planta un sistema de sopladores de hollín en el horno, el cual permitirá efectuar en operación la limpieza de los tubos de la zona convectiva del horno, cuando se requiera.
- Efectuar periódicamente el monitoreo de los gases de chimenea, para poder determinar la concentración de gases de chimenea y controlar el exceso de aire de combustión, para lo cual se deberá mantener y registrar el grado de apertura del Damper del horno.
- Efectuar permanentemente el control de la temperatura de gases de chimenea, de tal manera de poder predecir el grado de ensuciamiento en los tubos de la zona convectiva del horno.
- Controlar permanentemente la temperatura de entrada al horno, de tal manera de poder determinar la cantidad necesaria de combustible que deberá consumir el horno.
- Mantenimiento del instrumento medidor y registrador de flujo de combustible al horno, el cual nos permitirá mantener el control de la cantidad de combustible que consume el horno.

- Incremento de la altura de la zona de chimenea a fin de aumentar el tiro (presión negativa, menor a 1psi) en el horno, el cual permitiría un mayor ingreso de aire de combustión por lo tanto un incremento de carga de procesamiento de petróleo crudo.
- Mejorar el sistema de aislamiento interior de las paredes del horno con la finalidad de reducir la perdida de calor y así reducir al mínimo la diferencia de calor entre la entrada y salida.
- En el curso de diseño de planta o laboratorio de operaciones unitarias, se sugiere realizar el estudio y/o corridas (pruebas) de destilación de una carga que es una mezcla de dos cortes salientes de la unidad de destilación, uno liviano y otro más pesado, considerando la operación de destilación mediante un control automatizado y no automatizado (manual).
- En el curso de seguridad e higiene industrial, se sugiere agregar el capítulo relacionado al estudio y preparación de permisos de trabajos de seguridad, orientado según el tipo de industria.

CAPITULO XV

BIBLIOGRAFIA

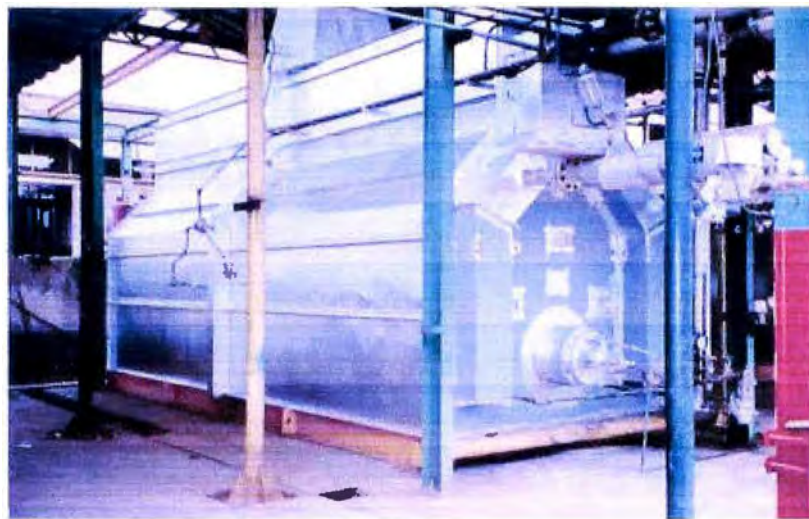
- WUITHIER P. "Refino y Tratamiento Químico", Tomo I, 1971
"Poder Calorífico de Combustibles", Pág. 113, Fig. 1.76.
- WUITHIER P. "Refino y Tratamiento Químico", Tomo I, 1971
"Entalpía de las Fracciones de Petróleo", Pág. 101, Fig. 1.63.
- SMITH / VAN NESS. "Termodinámica para Ingeniería Química", 1991
"Capacidades Térmicas de lo Gases", Pág. 119, Fig. 4.1A.
- "Reporte de Operaciones de Refinería Pucallpa", Vol. I al Vol. VI.,
2002 – 2006.
- "Reporte de Técnica y Proyectos de Refinería", Pucallpa, Vol. I al Vol.
VII, 2002 – 2006.
- "Reporte de control de calidad de Refinería"., Pucallpa, Vol. I al Vol.V,
2002 – 2006.
- "Reporte de Monitoreo de Emisiones Gaseosas de Seguridad
Industrial y Medio Ambiente", Refinería Pucallpa, Vol. I al Vol. VI.
2004 – 2006.

ANEXO

ANEXO 1 DIAGRAMAS Y CALCULOS

1.1 MODIFICACIONES EN DISEÑO DEL HORNO

1. VISTA EXTERIOR DEL HORNO DE PROCESO (ANTES DE CAMBIO ZONA TRANSICION CONVECTIVA - CHIMANEA)



2. VISTA EXTERIOR DEL HORNO DE PROCESO (DESPUES DE CAMBIO ZONA TRANSICION CONVECTIVA - CHIMANEA)

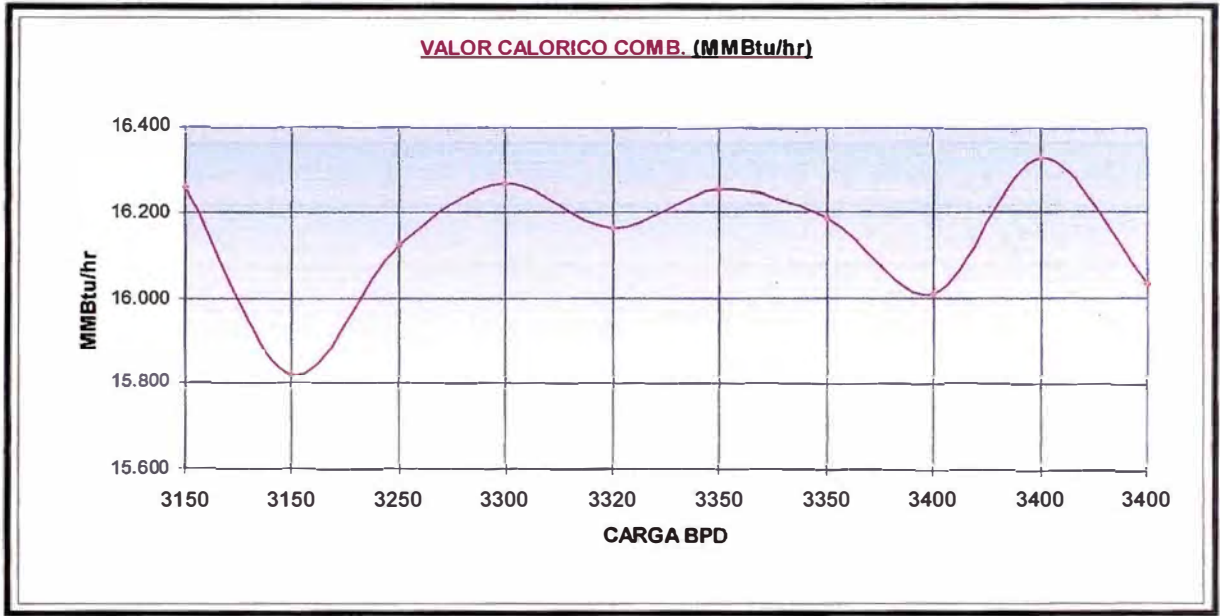


3. VISTA EXTERIOR DEL HORNO DE PROCESO (DESPUES DE CAMBIO ZONA TRANSICION CONVECTIVA - CHIMANEA)

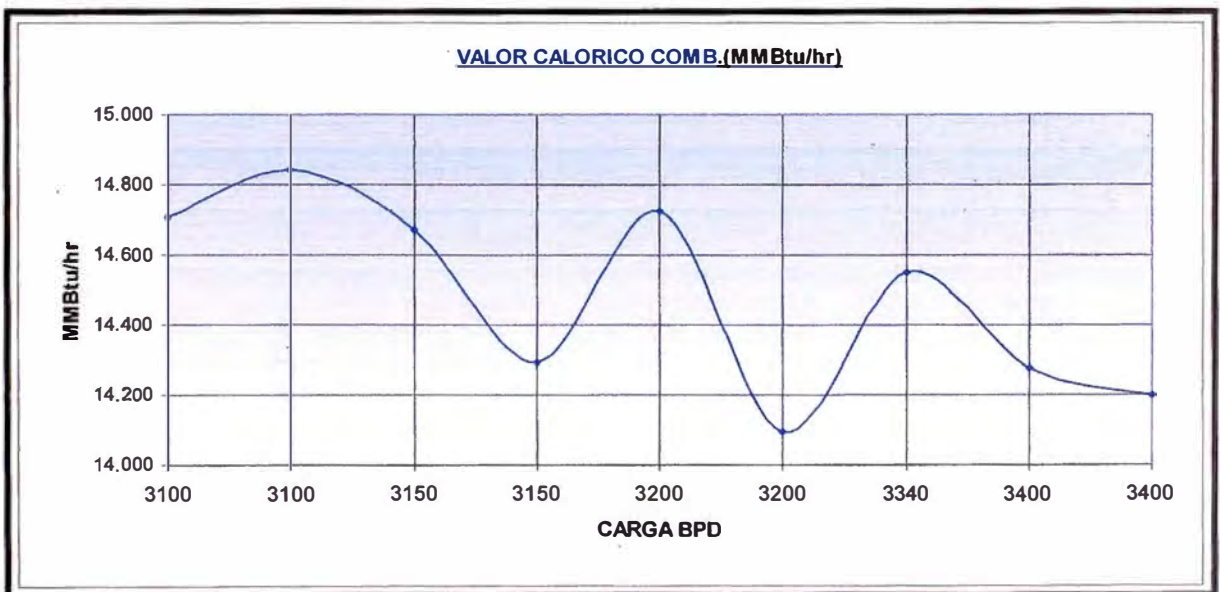


Anexo 2 : SELECCIÓN COMBUSTIBLE ADECUADO

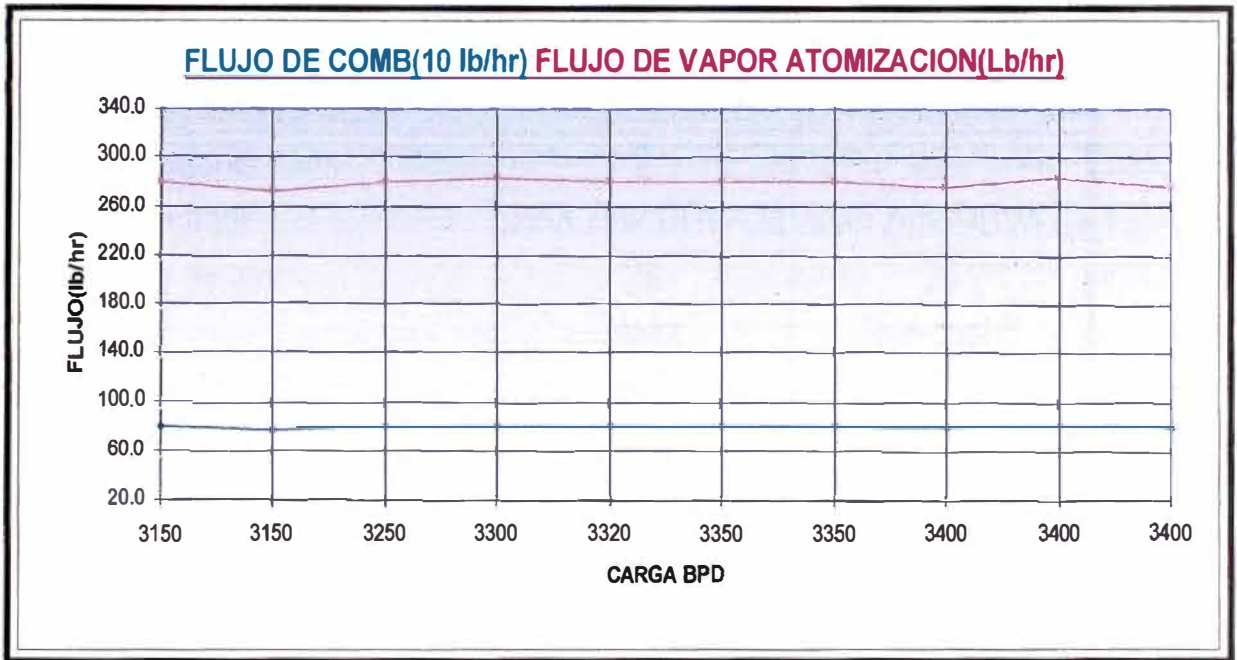
CASO: NAFTA



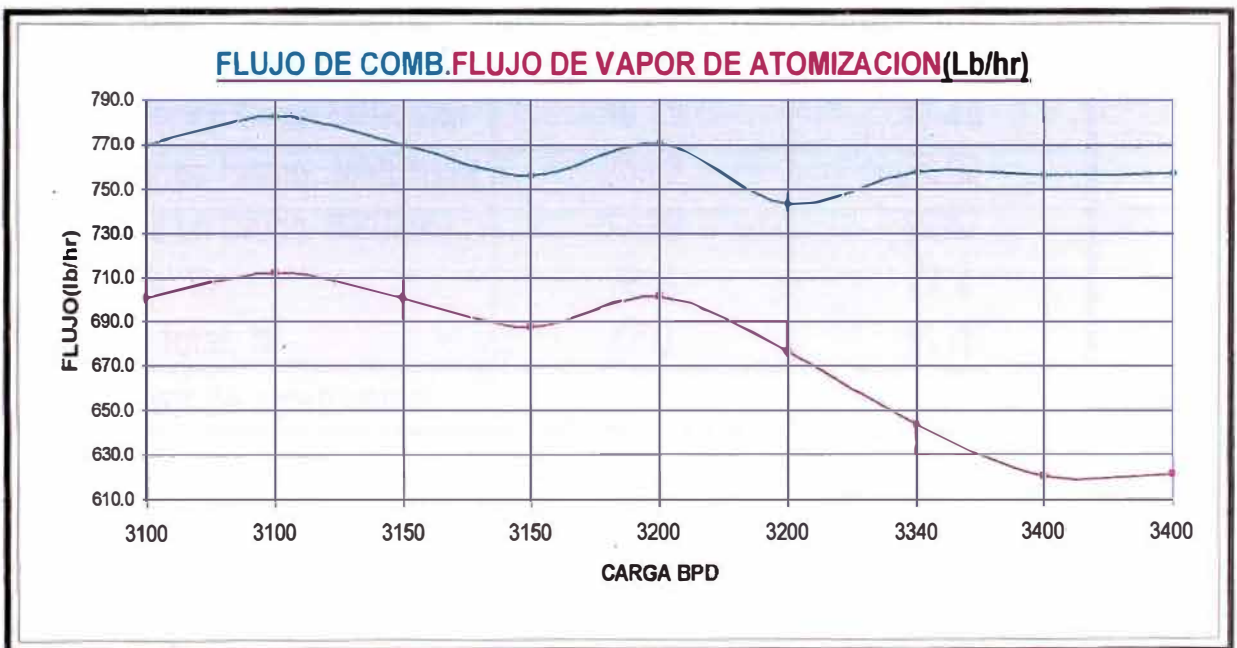
CASO: RESIDUAL 5



CASO: NAFTA



CASO: RESIDUAL 5



CUADRO COMPARATIVO DE COMBUSTIBLE

HORNO H-101	CASO 1	CASO 2
Nº Quemadores	2	2
Tipo Quemador	John Zink DBW-22	John Zink DBW-22
% exceso de aire	28	20
Fuel Oil	Nafta	Residual 5
API	59.5	26.4
Viscosidad a 40°C, cst	0.58	55.3
Punto Inflamacion,°C	-2	110
Vanadio, ppm	ND	ND
Sodio, ppm	ND	5.7
Cenizas, % masa	ND	0.02
Azufre, % masa	0.021	0.4894
LHV, BTU/lb	20280	18990
Consumo Combustible, BPD	74	58.4
Flujo Combustible, Lb/hr	796.2	762.8
Flujo Vapor atom., Lb/hr	278.6	673.9
Carga Crudo, BPD	3300	3230
Valor Calorico Comb.MMBtu/hr	16.15	14.48
Calor Lib. en Horno, MMBtu/hr	20.82	20.02
Calor sale en Crudo, MMBtu/hr	17.08	16.67
Eficiencia, %	76.8	77.4
Perdidas total, %	17.9	16.78
LHV : Calor de combustion		

Anexo 3

EVALUACION EFICIENCIA DEL HORNO

1.3.1 CUADRO N°1. EVALUACION OPERATIVA DEL HORNO

FECHA	COMBUSTIBLE.	TEMP.CHIMENEA HORNO(°F)	CARGA CRUDO(BPD)	EFICIENCIA (%)	DUTY MMBtu/hr
10/05/2002	NAFTA	735	3400	80.90	11.349
05/09/2002		746	3400	79.90	11.349
17/12/2002		790	3350	77.60	11.200
15/02/2003		800	3300	77.40	11.042
25/05/2003		810	3250	75.80	10.884
15/08/2003		840	3150	72.80	10.567
21/10/2003		894	3150	72.70	10.567
21/05/2004		730	3400	77.31	11.349
23/07/2004		735	3350	76.69	11.200
10/09/2004		747	3320	76.50	11.101
17/11/2004	RESIDUAL 5	750	3340	79.20	11.161
01/01/2005		782	3200	78.67	10.725
10/03/2005		800	3200	78.40	10.725
15/05/2005		850	3150	78.09	10.567
17/07/2005		860	3150	77.10	10.567
21/09/2005		880	3100	75.10	10.409
21/02/2006		890	3100	72.25	10.409
17/05/2006		725	3400	79.70	11.349
01/11/2006		727	3400	78.05	11.349

GRAFICO N°1



GRAFICO N°2

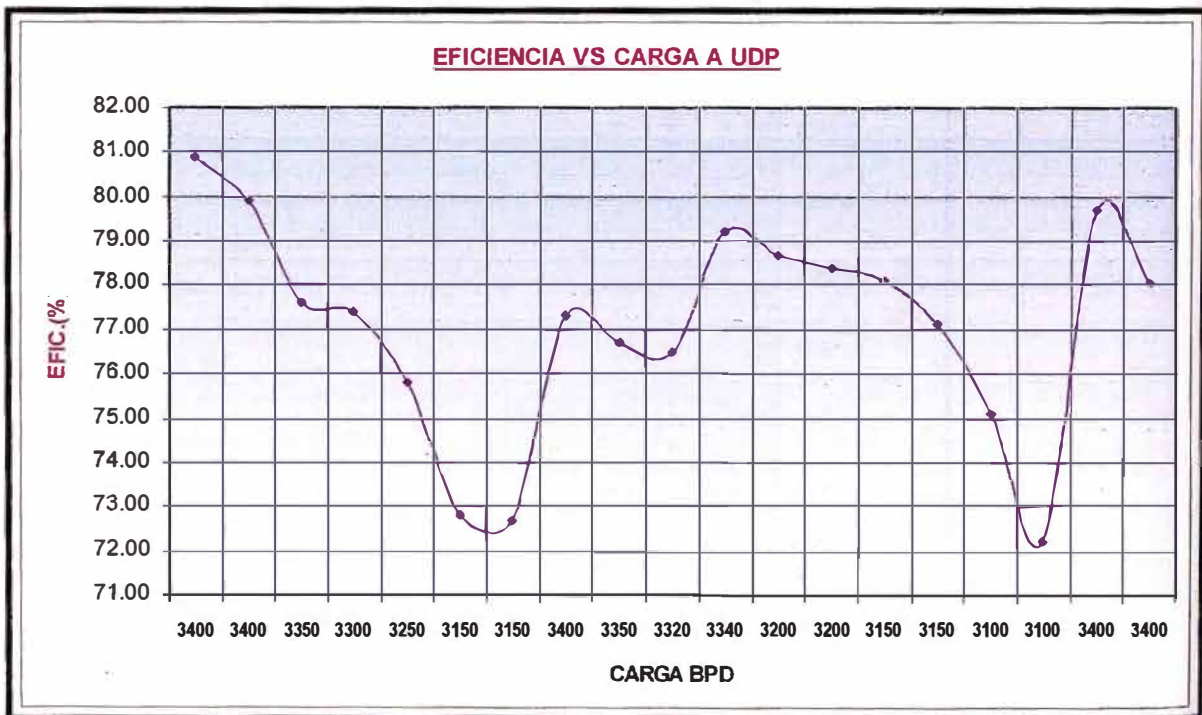


GRAFICO N°3

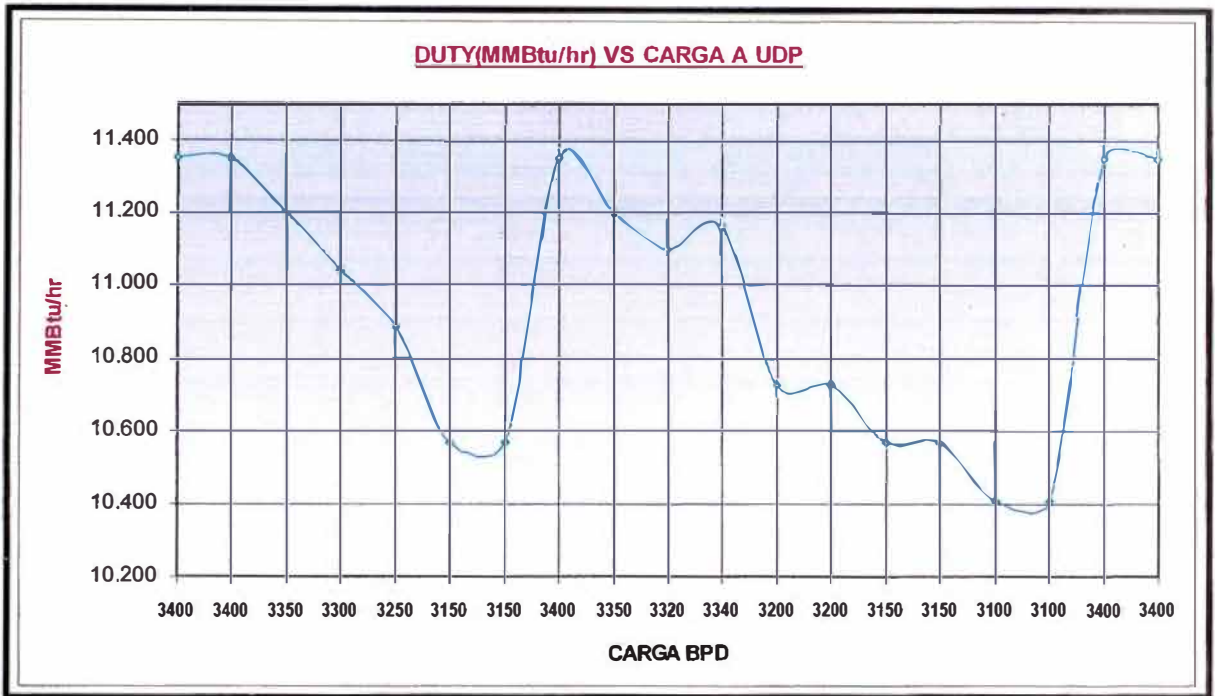


GRAFICO N°4

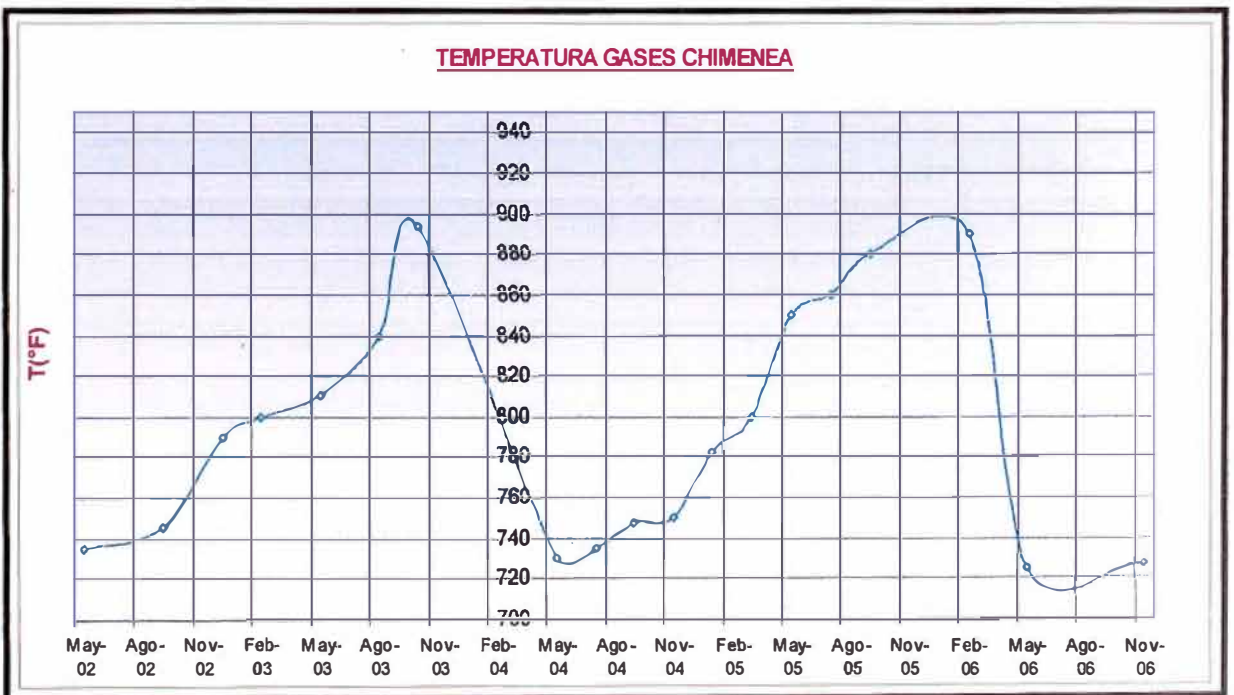
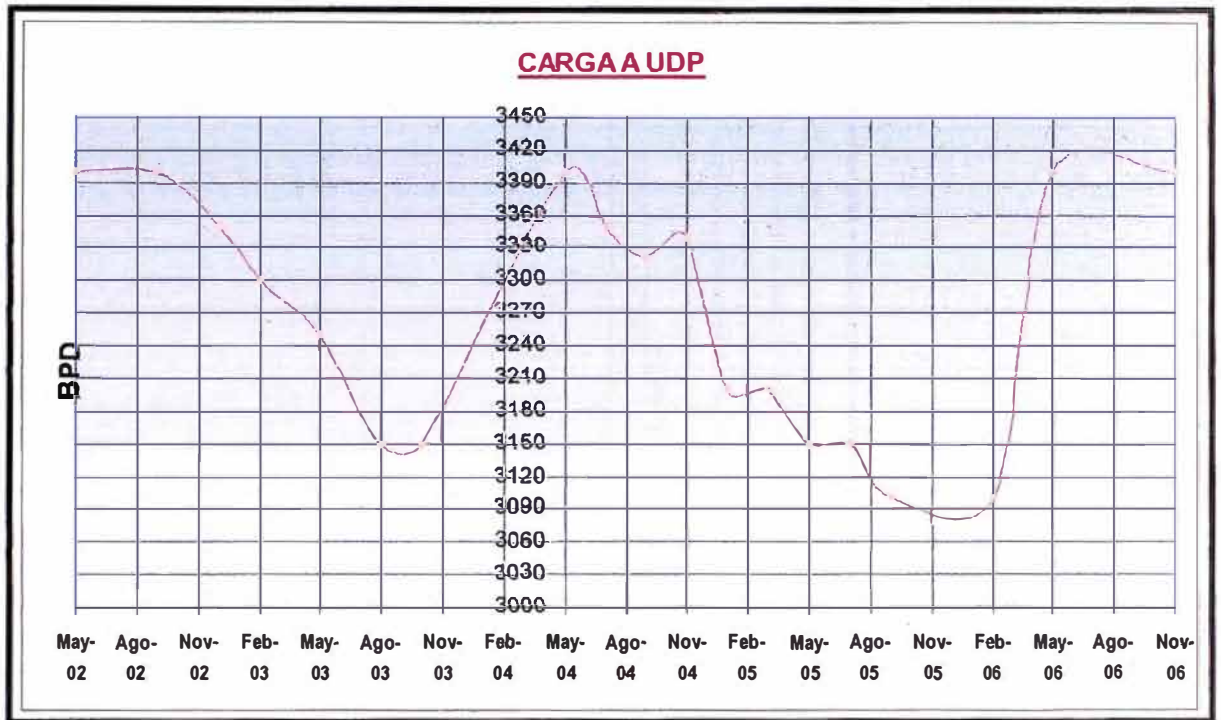


GRAFICO N°5



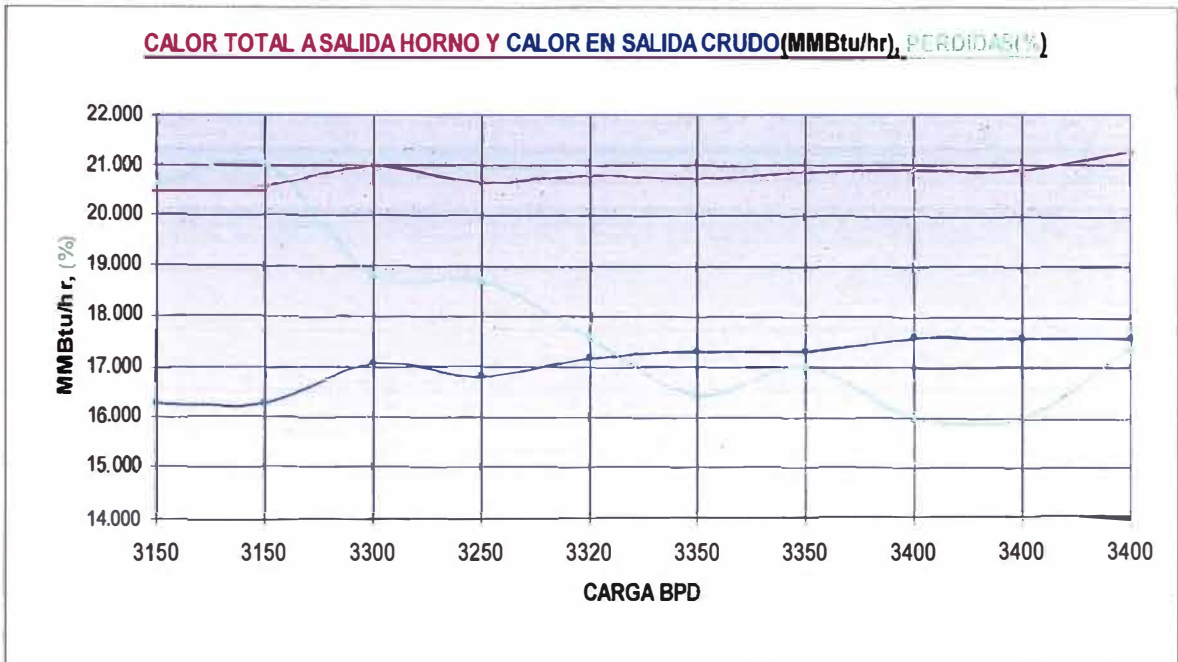
1.3.2 CUADRO N°2 RESUMEN CALCULOS DE ENERGIA EN HORNO

Nombre Comb.	API	Calor Comb. (Btu/lb)	Combustible BPD	Carga BPD	Flujo Comb Lb/hr	Flujo Comb 10Lb/hr	Flujo Vapor para Atomizar Lb/hr	Carga Lb/hr	Valor Calorico Comb. MMBtu/hr	Calor Salida del Horno MMBtu/hr	Calor sale en crudo MMBtu/hr	Perdida Calor Horno MMBtu/hr	DUTY MMBtu/hr	Perdida Calor %	Eficiencia %	Eficiencia (*10)
NAFTA	59.4	20350.0	74	3150	799.1	79.9	279.7	37864.3	16.262	20.500	16.270	4.230	10.567	20.634	72.80	7.280
	59.4	20350.0	72	3150	777.5	77.8	272.1	37864.3	15.822	20.600	16.270	4.330	10.567	21.019	72.70	7.270
	59.6	20200.0	74	3250	798.3	79.8	279.4	39066.4	16.125	20.650	16.790	3.860	10.884	18.692	75.80	7.580
	60.0	20150.0	75	3300	807.4	80.7	282.6	39667.4	16.269	21.000	17.050	3.950	11.042	18.810	77.40	7.740
	59.6	20250.0	74	3320	798.3	79.8	279.4	39907.8	16.165	20.800	17.150	3.650	11.101	17.548	76.50	7.650
	59.5	20350.0	74	3350	798.7	79.9	279.5	40268.4	16.253	20.710	17.310	3.400	11.200	16.417	76.69	7.669
	59.6	20280.0	74	3350	798.3	79.8	279.4	40268.4	16.189	20.850	17.310	3.540	11.200	16.978	77.60	7.760
	59.5	20320.0	73	3400	787.9	78.8	275.8	40869.4	16.010	20.900	17.560	3.340	11.349	15.981	80.90	8.090
	59.8	20200.0	75	3400	808.2	80.8	282.9	40869.4	16.326	20.900	17.560	3.340	11.349	15.981	79.90	7.990
	59.5	20350.0	73	3400	787.9	78.8	275.8	40869.4	16.034	21.250	17.560	3.690	11.349	17.365	77.31	7.731
PROMED.	59.6	20280.0	73.8	3307.0	796.2	79.6	278.7	39751.5	16.146	20.816	17.083	3.733	11.061	17.943	76.760	7.676
RESIDUAL	26.4	19090.0	59	3100	770.3	77.0	701.0	37263.3	14.705	19.300	16.010	3.290	10.409	17.047	75.10	7.510
	26.5	18960.0	60	3100	782.8	78.3	712.4	37263.3	14.843	19.280	16.010	3.270	10.409	16.961	72.25	7.225
	26.4	19050.0	59	3150	770.3	77.0	701.0	37864.3	14.674	20.200	16.270	3.930	10.567	19.455	78.09	7.809
	26.6	18900.0	58	3150	756.3	75.6	688.2	37864.3	14.294	19.750	16.270	3.480	10.567	17.620	77.10	7.710
	26.3	19100.0	59	3200	770.8	77.1	701.4	38465.4	14.722	20.300	16.530	3.770	10.725	18.571	78.67	7.867
	26.5	18950.0	57	3200	743.7	74.4	676.8	38465.4	14.093	20.000	16.500	3.470	10.725	17.350	78.40	7.840
	26.3	19200.0	58	3340	757.7	75.8	644.1	40148.2	14.548	20.100	17.250	2.850	11.161	14.179	79.20	7.920
	26.6	18880.0	58	3400	756.3	75.6	620.1	40869.4	14.278	20.580	17.560	3.020	11.349	14.674	79.70	7.970
	26.4	18754.0	58	3400	757.2	75.7	620.9	40869.4	14.201	20.690	17.560	3.130	11.349	15.128	78.05	7.805
PROMED.	26.4	18987.1	58.4	3226.7	762.8	76.3	674.0	38785.9	14.484	20.022	16.666	3.357	10.807	16.776	77.396	7.740
DATOS:									ECUACIONES:							
APIcomb, APIcrudo									1. Flujo comb. = $(141.5 / (APIcomb + 131.5)) * 0.999012 * 350 * Combustible / 24$							
Consumo Comb., Crudo procesado									2. Flujo vapor para atomizar = consumo vapor atomiz. * Flujo comb.							
Flujo vapor, Consumo vapor atomiz.									3. Flujo carga = $(141.5 / (APIcrudo + 131.5)) * 0.999012 * 350 * Carga / 24$							
Calor Combustion de Comb., por analisis laboratorio.									4. Valor Calorico Comb = Calor Combustion * Flujo comb.							
Calor Salida total del Horno, Calor sale en carga, Duty, y Eficiencia Horno, ver ejemplo de calculo(anexo 3.3.4)									5. Perdida de Calor = Calor salida del Horno - Calor Crudo a salida Horno							

1.3.3 CUADRO N°3 DETERMINACION FACTOR CARACTERIZACION (K)

COMPONENTE	RENDIM. (%)	API	Grav. Esp.	DESTILACION ASTM					TVABP (°C)	TVABP (°R)	K Watson
				10%	30%	50%	70%	90%			
Gasolina	0.080	70.0	0.7022	72	85.5	99	109	119	96.9	666.02	12.44
Nafta	0.102	59.0	0.7428	128	131	134	140	146	135.8	736.04	12.16
Solvente3	0.142	52.8	0.7678	163	168	173	183	192	175.8	808.04	12.13
Diesel2	0.390	38.4	0.8328	226	253.5	281	315	348	284.7	1004.06	12.02
Residual	0.285	26.0	0.8984	NO DISPONIBLE							
ECUACIONES:						EJEMPLO DE CALCULOS:					
GRAV. ESP. = $141.5 / (API + 131.5)$						GRAV. ESP. = $141.5 / (70 + 131.5) = 0.7022$					
TVABP(°C) = PROM. DESTIL(T(10%)+T(30%)+T(50%)+T(70%)+T(90%))						TVABP(°C) = $(72+86+99+109+119)/5 = 97$					
TVABP(°R) = $(9/5) * TVABP(°C) + 491.6$						TVABP(°R) = $(9/5) * 97 + 491.6 = 666.2$					
K WATSON = $(TVABP(°R)^{(1/3)}) / GRAV. ESP.$						K WATSON = $(666.2)^{(1/3)} / 0.7022 = 12.44$					

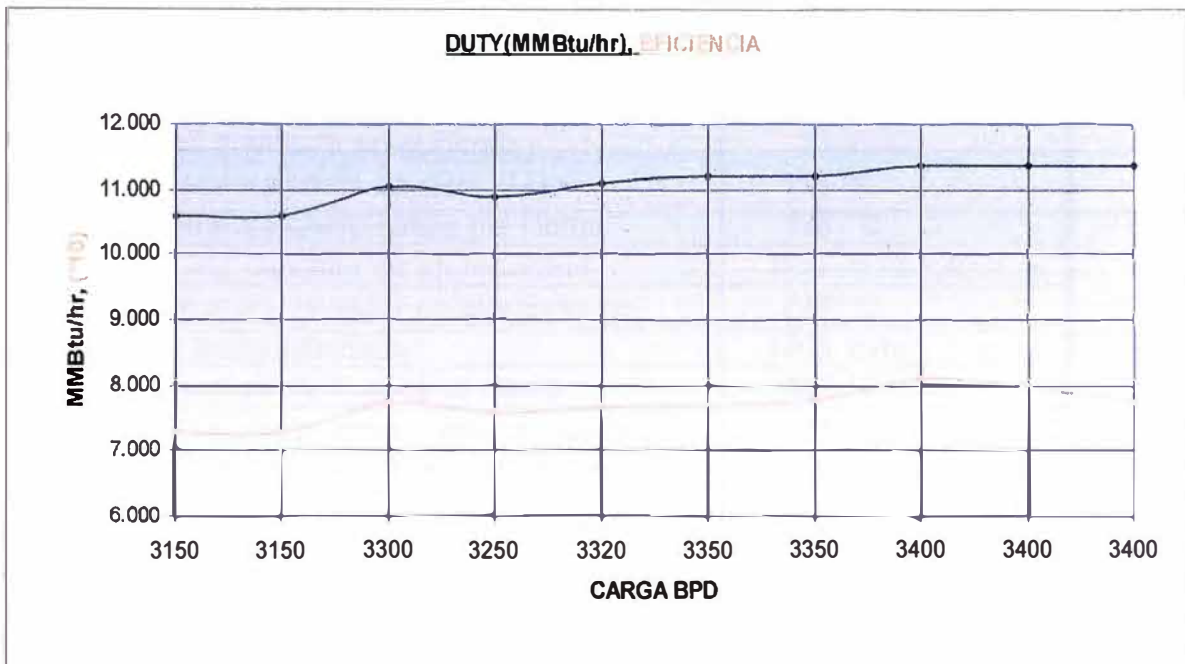
CASO: USO COMBUSTIBLE NAFTA



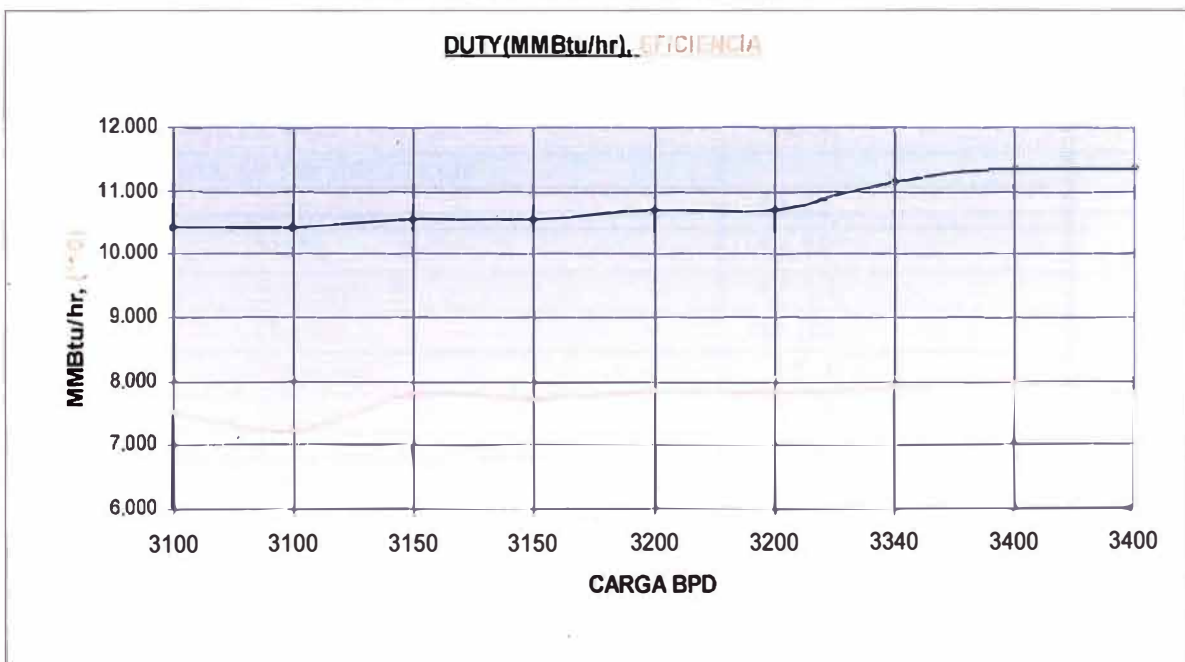
CASO: USO COMBUSTIBLE RESIDUAL



CASO: USO COMBUSTIBLE NAFTA



CASO: USO COMBUSTIBLE RESIDUAL



1.3.4 EJEMPLO DE CÁLCULO DE ENERGIA EN HORNO

1. DATOS

Carga de crudo a la UDP	3400 BPD
Fuel-oil quemado en el Horno	58 BPD
Temperatura crudo entrada al Horno	175 °C
Temperatura crudo salida del Horno	338 °C
Consumo de vapor de atomización	0.82 lb /lb combust.
Temperatura de vapor de atomización	249 °C
Vapor sobrecalentado	1800 lb/hr
Temperatura de Fuel-oil al Horno	107 °C
Temperatura de vapor sobrecalentado	249 °C
%Vol. Exceso de aire en gas de Chimenea	20
%Vol. CO ₂ en gas de Chimenea	12.1
%Vol. O ₂ en gas de Chimenea	5.5
%Vol. N ₂ en gas de Chimenea	82
%Vol. CO en gas de Chimenea	0
%Peso Carbón en el Fuel-oil	88.25
%Peso Hidrógeno+impurezas en el Fuel-oil	11.75
Temperatura del gas de chimenea	386 °C
Temperatura del aire (Promedio Ambiente)	36 °C
Presión atmosférica	760 mmHg
Presión de vapor saturado (Aire)	32.15 mmHg
Gravedad API del Crudo	40
Gravedad API del Fuel-oil	26.4
Factores de caraterización	
- Gasolina	12.44
- Nafta	12.16
- Solvente 3	12.13
- Diesel	12.02
- Residual	11.2
- Crudo	12.0
Superficie de la pared del Horno	55 m ²
Temperatura exterior pared Horno	106 °C
Humedad relativa	84 %
Velocidad del viento	2.6 m/s

2. CALCULOS

I. CALOR QUE INGRESA AL HORNO (BTU/hr)			
(Q1) Valor calórico en el combustible Residual-5			
$141.5 / (\text{API COMB.} + 131.5) * 0.9990 * 2 * 350 * \text{BPD COMB} / 24 = 757.23$			
Fuel-oil quemado en el Horno		757.23	lb/hr
Calor de combustión del R - 5		18,754.42	Btu/lb DATO LABORATORIO
Q1 =	14,201,474.08	Btu/hr	= 757.23 lb/hr * 18754.42 Btu/lb
(Q2) Calor sensible en el combustible Residual-5			
$141.5 / (\text{API COMB.} + 131.5) = 0.896136795 \text{ gr/cc}$			
T =	107	°C	Grav. sp. = 0.896136795
Calor sensible en el Fuel-oil		88.13	Btu/lb DATO DE P. WUITHIER
Q2 =	66,733.47	Btu/hr	= 757 lb/hr * 88.13 Btu/lb
(Q3) Calor sensible en el aire seco			
Cantidad teórica de aire para combustión del Fuel-oil			
$\text{C} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$			
$55.688 = 757.23 \text{ lb/hr} * (\% \text{ pesocarbono en comb.} / 100) / 12 \text{ gr/mol carbono}$			
mol-lb C	55.688	mol-lb/hr	
$(55.688 / 0.21) * 453.592 \text{ gr/lb} = 120284.$			
Moles de aire	120,284.42	mol-g/hr	
$120284.42 * (1 + \% \text{ exceso aire-chimenea} / 100) = 144341.30$			
Moles de aire total requerido	144,341.30	mol-g/hr	
Calor sensible del aire		6.95	cal/mol-g°C DATO: S. VANNESS
	36,114,193.61	cal/hr	= 144341.30 * 6.95 * Temp. aire prom amb.
Q3 =	143,312.68	Btu/hr	= 36114193.61 * 0.00396832 Btu/cal
(Q4) Calor del vapor de agua contenido en aire			
$1.14258 * 0.06242 = 0.071320$			
Densidad	0.071320	lb/pie ³	$1.14258 = P_{\text{Maire}} * 1 \text{ atm} / (0.0821 * (\text{Temp aire} + 273.15))$
			1.14258 g/L
Aire total	129,393.92	pie ³ /hr	= 55.688 / 0.21 * 29 / 0.071320 * (1 + \% exceso aire chimenea / 100)
$29 * 129393.92 * 0.06243 * P_{\text{vsat. aire}} * (\text{Hum. rel.} / 100) / (22.4 * P_{\text{atm}}) = 371.62$			
agua contenida en el aire		371.62	lb/hr
$371.62 * 453.592 / 18 = 9,364.76$			
		9,364.76	mol-g/hr
Calor del vapor de agua contenido en el aire		8.05	cal/mol-g°C
	2,713,908.00	cal/hr	= 9364.76 * 8.05 * Temp. Amb.
Q4 =	10,769.66	Btu/hr	= 2713908 * 0.00396832 Btu/cal

(Q*3) Calor que sale en vapor de agua generado por la combustión			
Cantidad de agua generada por la combustión del Fuel- oil			
$H_2 + 1/2 O_2 \rightarrow H_2O$			
		757.23 lb comb/hr * (% peso H2 en chimenea / 100) / PMH2 = 44.49	
lb-mol H2/hr		44.487	lb-mol/hr
	44.487 * PMH2O = 800.77		20179.16 = 44.487 * 453.592 gr/lb
lb H2O generada /hr	800.77	lb/hr	20179.16 mol-g/hr
Calor del vapor de agua contenido en el aire		8.38	cal/mol-g°C DATO:S.VAN NESS
	65,273,122.92	cal/hr	= 20179.16 molgr/hr * 8.38 * Temp gas chim
Q*3=	259,024.64	Btu/hr	= 65273122.92 * 0.00396832 Btu/cal
(Q*4) Calor que sale en vapor de agua (Aire)			
	30,292,008.08	cal/hr	= 9364.76 molgr/hr H2O en aire * 8.38 * Temp.chim
Q*4=	120,208.38	Btu/hr	= 30292008.08 * 0.00396832 Btu/cal
(Q*5) Calor que sale en vapor de atomización			
	50,613,674.51	cal/hr	= 15647.2 molgr/hr vapor atomiz * 8.38 * Temp.chim
Q*5=	200,851.26	Btu/hr	= 50613674.51 * 0.00396832 Btu/cal
(Q*6) Calor perdido por radiación			
Calor de radiación			
Coefic. Radiación =	14.89	Kcal/(m ² hr °C)	= 5.32 + 3.68 * veloc. viento (m/s)
	57,318.80	Kcal/hr	= 14.89 * Area superficial horno * (Temp pared
Q*6=	227,459.34	Btu/hr	= 57318.8 * 3.96832 Btu/kcal
(Q*7) Calor absorbido por el vapor sobrecalentado			
Vap. Sobrec.	P =	110	Psi
	T =	500	°F
	Entalpia	1278	Btu/lb DATO:S.VAN NESS
Vap. Sat.	P =	110	Psi
	T =	330	°F
	Entalpia	887	Btu/lb DATO:S.VAN NESS
Q*7=	703,800.00	Btu/hr	= 1800 lb/hr Vap Sobre * Entalpia Btu/lb (vap Sobre - Vap. Sat)

3. RESUMEN DEL BALANCE TERMICO

Entrada de Calor al Horno		Btu/hr	
Valor calórico del combustible	Q1	14,201,474.08	66.17%
Calor sensible en el combustible	Q2	66,733.47	0.31%
Calor sensible en aire seco	Q3	143,312.68	0.67%
Calor sensible de vapor agua (Aire)	Q4	10,769.66	0.05%
Calor sensible de vapor Atomización	Q5	124,406.94	0.58%
Calor sensible del petróleo crudo	Q6	6,915,110.09	32.22%
		21,461,806.92	100.00%
Salida de Calor del Horno		Btu/hr	
Calor que sale con el crudo	Q*1	17,564,453.20	84.89%
Calor que sale en los gases de Chimenea	Q*2	1,615,864.57	7.81%
Calor que sale en vapor de agua generado por la combustión	Q*3	259,024.64	1.25%
Calor que sale en vapor de agua (Aire)	Q*4	120,208.38	0.58%
Calor que sale en vapor de atomización	Q*5	200,851.26	0.97%
Calor perdido por radiación	Q*6	227,459.34	1.10%
Calor absorbido por el vapor sobrecalentado	Q*7	703,800.00	3.40%
		20,691,661.39	100.00%

4. EFICIENCIA DEL HORNO

Duty Calculado =	$(Q^*1 - Q6 + Q^*7)$		
Duty Calculado =	11.35 MMBTU/hr		
Datos originales de diseño:			
	Duty Normal	9.20 MMBTU/hr	
	Duty Desing	9.50 MMBTU/hr	12.35
%Eficiencia =	$(Q^*1 + Q^*7 - Q6) \times 100 / (Q1 + Q2 + Q3 + Q4 + Q5)$		
%Eficiencia =	78.05		

1.3.5 CUADRO N°4 EJEMPLO DE EMISIONES GASEOSAS

COMBUSTIBLE	TEMP. (°F)	NOX	SO2	CO	O2(%)	EXCESO AIRE(%)
NAFTA	780	52.0	8.0	100.0	3.7	28.0
RESIDUAL	800	175.0	10.0	144.0	5.5	20.0
LMP		460	2000	1445		

*unidad de medida mg/Nm3

Anexo 4

EVALUACION ECONOMICA

1.4.1 EVALUACION FISICA DEL HORNO

**1. PORTICO CENTRAL Y TUBERIAS ZONA RADIANTE DEL HORNO
(ANTES DE PARADA)**



**2. PORTICO CENTRAL Y TUBERIAS DE ZONA RADIANTE DEL
HORNO (DESPUES DE PARADA)**



**3. TUBERIAS ALETEADAS DE ZONA CONVECTIVA DEL HORNO
(ANTES DE PARADA)**



**4. TUBERIAS ALETEADAS DE ZONA CONVECTIVA DEL HORNO
(DESPUES DE PARADA)**



