

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE PETRÓLEO, GAS NATURAL Y**  
**PETROQUÍMICA**



**“OBTENCIÓN DE GASOLINAS DE ALTO OCTANO VÍA**  
**RECTIFICACIÓN DE UNA NAFTA CRAQUEADA”**

**TESIS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO PETROQUÍMICO**

**PRESENTADO POR:**

**FIDEL MURRUGARRA PELÁEZ**  
**PROMOCION 2007-II**

**LIMA-PERU**  
**2009**

## **DEDICATORIA**

A Dios por toda la fuerza, paciencia y conocimiento.

A mis padres y hermanos por su amor y apoyo incondicional.

A todos mis profesores que me brindaron sus conocimientos y paciencia.

A todos mis amigos y colaboradores que hicieron posible el desarrollo de este trabajo.

# ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
Introducción	6
Resumen	9
Alcance	11

## **CAPÍTULO I. FUNDAMENTO TEÓRICO**

1. Composición química del Petróleo	12
1.1 Tipos de hidrocarburo	12
1.2 Fracción comercial-Gasolina	20
1.3 Tipos de Gasolinas	21
1.4 Ensayos realizados a las Gasolinas	23
1.5 Elevadores de octanaje	28
1.6 Mezclas de Gasolinas	29

## **CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS**

2.1 Descripción y detalles del Proceso	31
2.2 Circuitos de Pre calentamiento de Crudos	32
2.3 Horno de Destilación Primaria (F-1)	34
2.4 Columna de Destilación Primaria	36
2.5 Agotadores o Strippers	40
2.6 Coalescedores y deshidratadores (Filtros de Sal)	41
2.7 Horno de Destilación al Vacío F-2	42
2.8 Columna de Destilación al Vacío	43

2.9 Aerorefrigerantes	46
2.10 Separadores de Tope	47
2.11 Lavado con soda y agua de la gasolina primaria	49
2.12 Tratamiento cáustico del Solvente MC/Solvente 3	50

### **CAPÍTULO III. EXPERIENCIAS OPERATIVAS DE FRACCIONAMIENTO DE HIDROCARBUROS LÍQUIDOS**

3.1 Experiencias Operativas en Refinería Pucallpa	51
3.2 Experiencias Operativas en Refinería Conchán	52

### **CAPÍTULO IV. CORRIDA DE PRUEBA**

4.1 Objetivo	53
4.2 Adecuación de la Planta	53
4.3 Estabilización de UDP	55
4.4 Optimización del procesamiento de NFCC en planta	55

### **CAPÍTULO V. ANÁLISIS Y RESULTADOS**

5.1 Análisis a partir de los datos obtenidos por destilación	56
5.2 Cálculos	56

## **CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA**

6.1 Demanda de gasolinas en el país	60
6.2 Escenario actual	63
6.3 Escenario proyectado	66
Conclusiones	69
Recomendaciones	70
Bibliografía	71

### **Anexos**

#### **Anexo I**

Cálculos y diagrama de caracterización	73
--	----

#### **Anexo II**

Tabla de RBN	76
--------------	----

#### **Anexo III**

Octanajes de las fracciones obtenidas del equipo TBP	79
--	----

#### **Anexo IV**

Glosario y Definiciones	81
-------------------------	----

## INTRODUCCIÓN

Durante el año 2008, Petróleos del Perú S.A. PETROPERU, tenía programado importar 232.1 BPD de gasolina de alto octano tipo High Octane Gasoline Blending System (HOGBS), para la formulación de gasolinas motor, y en algunos casos, por desfases en la cadena de suministro, comprar nafta reformada o gasolina de alto octano (GAO) a precios de mercado relativamente altos.

Bajo la política de modernidad de la matriz energética demandante de GLP y GNV vehicular e industrial, se viene generando una caída en la demanda de gasolinas que determinará en una prospectiva de futuro, se incremente las exportaciones de nafta virgen y craqueada.

Es importante tener en cuenta que el cambio de la matriz energética es gradual en la medida que se intensifique la cultura gasífera en el país y que no todos los usuarios de un sector energético se van a trasladar al GLP y/o GNV, por un tema de **percepción de seguridad** por encima del ahorro. Bajo ese escenario el parque automotor será aún demandante de gasolinas de alto octano en la medida que se modernice el parque automotor y se sostenga el crecimiento de indicadores económicos del país, sostenido en los sectores energético, minero, turístico y agro exportador.

Es necesario romper paradigmas en los procesos de refino y direccionarlas hacia la especialización de nuestras refinерías para afrontar la coyuntura actual con iniciativas e ideas firmes que generen valor con la infraestructura actual, de tal forma de empezar una cruzada interna de replanteo de las actividades internas (optimizarlas) potenciando el esquema de refinación actual.

Refinería La Pampilla tiene un proceso de reformación catalítica (Unifining-Platforming) que le permite la producción de gasolina de alto octanaje GAO (RON 99.0) a partir de una gasolina primaria de bajo RON.

PETROPERU dispone de un proceso de Craqueo Catalítico en Refinería Talara a 1,100 Km de Lima, en el norte del país, que produce aproximadamente 10.6 MBPD de gasolina de 93 RON, el cual cumple una función en el incremento del octano barril; sin embargo, no logra producir gasolinas de 97.0 RON, debilidad que puede ser aprovechada por la competencia para valorizar su GAO por encima de los precios del mercado.

Es por estas razones que en la búsqueda de incrementar el octanaje de las naftas o gasolinas, se ha encontrado una forma de obtener por destilación de estas naftas, fracciones con alto y bajo octanaje. Las fracciones superiores e inferiores concentran el octanaje más elevado, esto debido a que las moléculas principales que contienen son isoparafinas (en el caso de las fracciones superiores) y compuestos aromáticos en las fracciones inferiores; mientras que en las fracciones intermedias se concentran octanajes más bajos que la nafta de partida (en estas fracciones principalmente se concentran parafinas y compuestos nafténicos).

El fraccionamiento de naftas es conocido poco después de la aparición comercial de las tecnologías de hidrodesulfurización. Tal como se señala, en la patente europea N° 2 222 589 del 01.02.2005, “En el pasado también se han propuesto otros procesos para el tratamiento de gasolinas craqueadas catalíticamente. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos N° 3.759.821 (Brennan) da a conocer un proceso para mejorar la calidad de la gasolina craqueada catalíticamente, mediante su fraccionamiento en una fracción más pesada y otra más ligera y el tratamiento de la fracción más pesada sobre un catalizador ZSM-5, después del cual la fracción

tratada se vuelve a mezclar con la fracción más ligera. Otro proceso, en el que la gasolina craqueada se fracciona anteriormente al tratamiento, se describe en la patente de Estados Unidos N° 4.062.762 (Howard), la cual da a conocer un proceso para desulfurar naftas, mediante destilación de la nafta en tres fracciones, cada una de las cuales se desulfura por procedimientos diferentes, recombinando las fracciones posteriormente”.

Sobre el tema de fraccionamiento de nafta de craqueo catalítico (NFCC), la Fábrica Carioca de Catalizadores comenta:

“Esa alternativa (fraccionamiento de NFCC) envuelve la introducción de una alteración en el proyecto de la unidad, que es el fraccionamiento de la nafta NFCC en naftas liviana, media y pesada”.

**“Las naftas liviana y pesada son mezclas, constituyendo la gasolina de craqueo, ahora de octanaje más elevado”.**

El tema principal es que, con el uso de un sistema de fraccionamiento existente (UDP de Refinería Conchán, en Lima) se puede dar un valor adicional a la Unidad de FCC de Refinería Talara, para obtener un esquema final que disponga una unidad mejorada de craqueo catalítico, orientado a producir gasolina de alto octano en función a la segregación del corte de menor octanaje, y conseguir una gasolina craqueada de mayor RON.

## RESUMEN

Aunque existe una amplia variedad de gasolinas, las más empleadas son aquellas destinadas para la automoción, y se tratan de naftas especialmente acondicionadas para su uso como carburante de motores de combustión interna con encendido mediante chispa (normalmente conocidos como motores de explosión). Este acondicionamiento se consigue mediante un proceso de blending (mezclado) de distintas sustancias a fin de que el producto resultante cumpla con las especificaciones fijadas por la normativa aplicable en cada país, como es el caso del índice de octano, pero también otros parámetros como las emisiones al medioambiente, relativos a la estabilidad/seguridad del producto durante su transporte y/o almacenamiento, su comportamiento en las condiciones de funcionamiento del motor, etc.

Aunque existen muchos procesos para obtener gasolinas de alto octanaje, las maneras típicas de obtenerlas son a través de los procesos de craqueo catalítico e hidroconversión, con los que se obtienen gasolinas de 93.0 (denominada nafta de craqueo catalítico fluidizado o NFCC) y 98.0 (denominada nafta o gasolina de alto octano, GAO) octanos, respectivamente. Sin embargo, se pueden obtener gasolinas a través del blending de diversos productos, tales como, alquilatos, gasolinas de pirolisis desbencenzinada, gasolinas producidas por unidades de reformación catalítica, compuestos aromáticos, isopentano, isohexano, n-butano, etc. La gasolina obtenida por blending es denominada gasolina HOGBS y tiene un octanaje de 98.0 en promedio.

En general, las gasolinas obtenidas a través de los procesos mencionados anteriormente, requieren ser sometidas a procesos complementarios para reducir su contenido de azufre, y así garantizar las exigencias establecidas por las normas vigentes en cada país. Dado que la mayor cantidad de azufre se encuentra en las fracciones más pesadas de una gasolina <sup>[1]</sup>, la mayoría de

patentes emplea procesos que fraccionan la gasolina por destilación y la hidrotratan por separado.

De esta manera se obtiene mejores resultados que hidrotratando toda la gasolina en conjunto. En Petroperú se han analizado las fracciones obtenidas por destilación TBP de la nafta craqueada del proceso FCC de Refinería Talara, lo cual ha permitido mostrar claramente la separación en cortes (en función a sus puntos de ebullición), los cuales tienen distribuciones graduales de presiones de vapor. Asimismo, el octanaje muestra mayores valores en las fracciones superiores e inferiores y menor octanaje en las fracciones intermedias. La mezcla de estas fracciones (superiores e inferiores) se empleará para formular la gasolina de alto octano.

El trabajo presentado en esta Tesis, muestra en los capítulos posteriores, que por cada barril de nafta craqueada de 93 RON, se puede obtener 0.45 barriles de gasolina de 97.2 RON y 0.55 barriles de gasolina de 89.6 RON; es decir que es posible la obtención de una gasolina de 97 RON a partir de la destilación, segregación de las fracciones intermedias y la combinación de sus fracciones superiores e inferiores.

## **ALCANCE**

Este trabajo comprende el estudio de gasolinas, naftas y sus procesos de obtención, y cubren los siguientes puntos:

- Los tipos de Gasolina.
- Ensayos realizados a las Gasolinas
- Esquema sugerido para la rectificación de Nafta de Craqueo Catalítico en Refinería Conchán.
- Determinación numérica del octanaje de una gasolina, obtenida por la mezcla de gasolinas de diferente octanaje.
- Determinación numérica de la Presión de Vapor Reid de una gasolina, obtenida por la mezcla de gasolinas de diferente Presión de Vapor Reid.
- Obtención de Gasolinas de Alto Octano.
- Resultado de ensayos de laboratorio.

## **CAPÍTULO I. FUNDAMENTO TEÓRICO**

### **1. Composición química del petróleo**

El petróleo crudo es un líquido oscuro con una viscosidad a 40° C que puede oscilar entre 5 y 3000 cSt. Se extrae de yacimientos naturales encontrados a diferentes profundidades de la tierra. El petróleo líquido está compuesto por cantidades diferentes de gases disueltos y líquidos. El petróleo sólido y semi-sólido, está compuesto por arenas aceitosas y material bituminoso (hidrocarburos de alto peso molecular), comúnmente llamado bitumen o asfalto.

El petróleo crudo no es un compuesto químico; es una mezcla muy compleja de hidrocarburos, donde el carbono constituye entre 83 - 86% en masa, el hidrógeno entre 10 - 14%, el azufre entre 0.05 - 6.0%, el nitrógeno entre 0.001 - 0.1% y finalmente los metales entre 0.001 - 0.1%, principalmente níquel, vanadio, sodio, calcio y cobre. Así mismo, los heteroátomos (azufre, nitrógeno, oxígeno, níquel y vanadio) están concentrados en las fracciones más pesadas. Por ser una mezcla compleja de hidrocarburos, presenta una distribución muy grande de pesos moleculares y a diferencia de los compuestos químicos puros, tiene un amplio rango de temperaturas de ebullición. Este fenómeno de separación física es el más usado en la industria del petróleo, y se conoce como destilación.

#### **1.1 Tipos de Hidrocarburos**

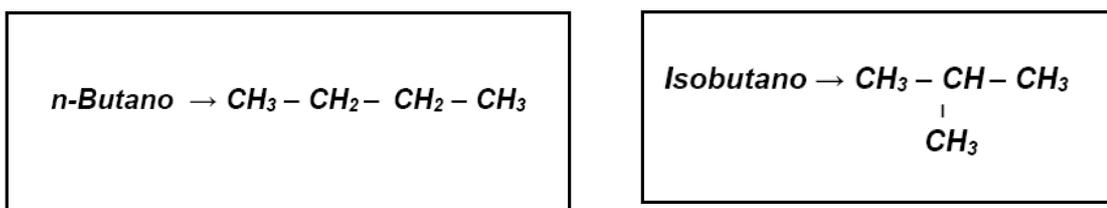
Químicamente, el petróleo crudo está formado por tres grandes familias de hidrocarburos, identificadas como: hidrocarburos parafínicos, cicloparafínicos (nafténicos) y aromáticos, cuya distribución en el crudo define su clasificación, sus propiedades físico químicas, calidad, rendimiento de cada uno de sus productos, calidad de estos productos y algunas de las condiciones de operación de los procesos de refinación. Adicionalmente, la distribución

porcentual de estos hidrocarburos en el crudo, define su precio y las condiciones de transporte por oleoductos.

Los hidrocarburos parafínicos son todos aquellos de cadena abierta y que tienen la fórmula general  $C_nH_{2n+2}$ , por ejemplo el butano cuya fórmula es  $C_4H_{10}$ .

Se define al crudo y sus fracciones como una mezcla compleja de hidrocarburos debido a la alta presencia de isómeros, aquellos hidrocarburos que tienen la misma fórmula estructural, por ejemplo el isobutano, es un isómero del n-butano, cuya fórmula es  $C_4H_{10}$ .

**Figura N° 1.1 Hidrocarburos parafínicos**



El número de isómeros aumenta exponencialmente con el número de átomos de carbono (**tabla N° 1.1.**), sin embargo, no todos los posibles isómeros se encuentran presentes, en los crudos o en las fracciones y/o productos.

**Tabla N° 1.1 Número de isómeros de las parafinas**

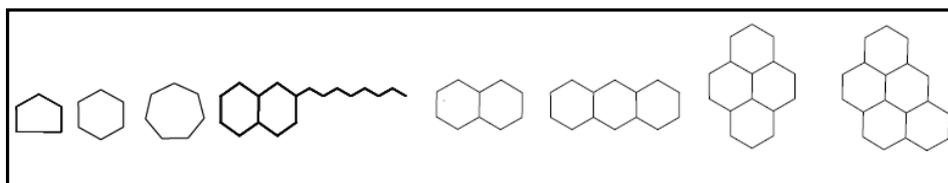
NÚMERO DE CARBONOS	NÚMERO DE ISÓMEROS
$C_4$	2
$C_5$	3
$C_6$	5
$C_7$	9
$C_8$	18
$C_9$	35
$C_{10}$	75

**Tabla N° 1.1 Número de isómeros de las parafinas**

NÚMERO DE CARBONOS	NÚMERO DE ISÓMEROS
C <sub>15</sub>	4,347
C <sub>20</sub>	366,319

Las cicloparafinas (naftenos) son hidrocarburos de cadena cerrada, cuya fórmula global es C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>. Los más comunes son los anillos de 5, 6 y 7 átomos de carbono. Estos anillos normalmente presentan radicales alquílicos y cadenas hidrocarbonadas laterales, donde dependiendo de su longitud, el hidrocarburo presenta propiedades de parafina y cicloparafina. Adicionalmente, a medida que aumenta el punto de ebullición aparecen anillos de dos (dicicloparafina), de tres (tricicloparafina), de cuatro y más anillos (**Figura. 1.2**).

**Figura N° 1.2 Hidrocarburos Cicloparafínicos (nafténicos)**



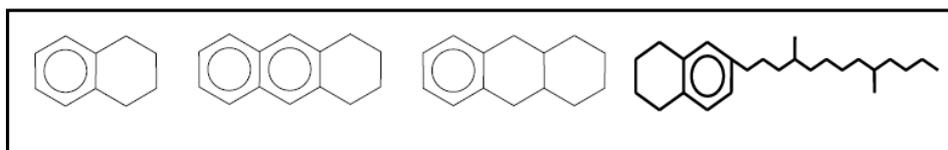
Normalmente la cicloparafina presenta mayor punto de ebullición y mayor densidad que su homólogo parafínico del mismo número de carbonos, por ejemplo: el ciclohexano (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>) presenta un punto de ebullición de 80.7° C y una densidad de 0.7785 g/cc, mientras que el hexano (C<sub>6</sub>H<sub>14</sub>) tiene un punto de ebullición de 68.7° C y una densidad de 0.6606 g/cc. Es importante tener presente estas propiedades, pues permite entender las diferencias que presentan las fracciones provenientes de los distintos tipo de crudos.

Otra familia de hidrocarburos que constituyen los crudos y sus fracciones son los aromáticos, cuyo nombre viene del griego “aroma” que significa olor fragante, son derivados del benceno

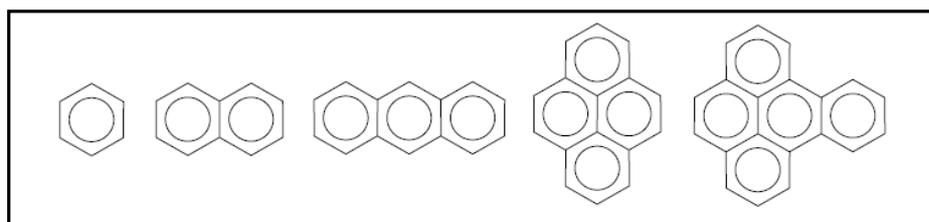
(C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) y tienen la fórmula general C<sub>n</sub>H<sub>2n-6</sub>; es decir que con respecto a la parafina de igual número de carbonos tiene una insaturación de 8 hidrógenos. El anillo del benceno puede tener cadenas laterales, donde al igual que los naftenos (cicloparafinas) dependiendo de su longitud pueden presentar propiedades intermedias entre los aromáticos y las parafinas.

Por otro lado, el anillo bencénico puede estar fusionado con anillos cicloparafínicos (**Figura 1.3**) y/o con otros anillos aromáticos, formando las familias de los diaromáticos (naftalenos), triaromáticos (antracenos), tetraaromáticos y poliaromáticos (**Figura. N° 1.4**). En un crudo y sus fracciones, a medida que aumenta el punto de ebullición se incrementa el contenido de aromáticos.

**Figura N° 1.3 Hidrocarburos aromáticos fusionados con anillos nafténicos**



**Figura N° 1.4 Hidrocarburos aromáticos presentes en el crudo y sus fracciones**



Para estudiar los crudos y sus fracciones por tipo de componente, especialmente las fracciones pesadas, es necesario referirse a cuatro grandes familias, y el análisis o la separación correspondiente se conoce como análisis SARA, cuya sigla identifica a estas familias.

Saturados, que corresponde a la suma de los hidrocarburos parafínicos y cicloparafínicos.

Aromáticos, son todos aquellos hidrocarburos que en su estructura tiene por lo menos un anillo bencénico.

Resinas, son hidrocarburos de naturaleza aromática, cuya estructura tiene entre 4 a 87 anillos bencénicos, con la presencia de heteroátomos, especialmente nitrógeno, azufre, oxígeno y pequeñas cantidades de metales. La **tabla N° 1.2**, presenta la composición química de los dos tipos de resina extraídas del fondo de vacío de un crudo pesado. Según estos resultados, estos materiales tienen pesos moleculares que pueden oscilar entre 500 - 1500 g/mol.

**Tabla N° 1.2 Número de isómeros de las parafinas**

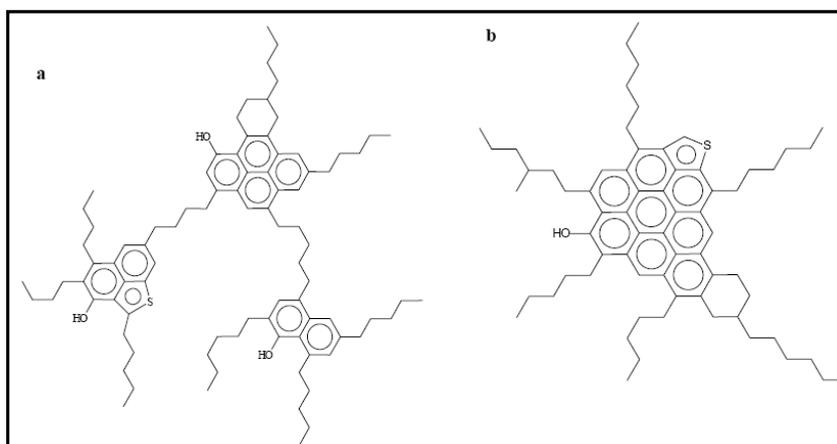
ANÁLISIS ELEMENTAL	RESINA I	RESINA II
Carbono, % peso	83,6	81,8
Hidrógeno, % peso	10,4	9,5
Relación H/C	1,49	1,40
Azufre, % peso	3,56	3,76
Nitrógeno, % peso	0,50	1,04
Oxígeno, % peso	2,0	3,9
Vanadio, ppm	111,25	257,1
Níquel, ppm	40,40	73,9

Con el análisis elemental, el peso molecular y el análisis de resonancia magnética nuclear (RMN) de hidrógeno y carbono, se propusieron estructuras para los dos tipos de resinas presentes en un crudo.

En la **figura N° 1.5** se observa que los dos tipos de resinas propuestas, son química y estructuralmente diferentes, pero quizá lo más importantes que presentan diferente reactividad, por ejemplo, en condiciones de cracking térmico la resina a, pueden romperse en tres pequeñas moléculas, mientras que las resinas b, solo se rompen las cadenas laterales, quedando una

estructura altamente aromática y difícil de manejar. Este aspecto muestra la verdadera importancia de conocer los tipos de estructuras y las moléculas que se manejan en los procesos del fondo del barril, pues permite entender mejor estos procesos. La presencia de heteroátomos y los anillos poliaromáticos le conceden a las resinas ciertos puntos polares, que las habilitan para interactuar molecularmente con otras estructuras presentes en los crudos y formar macromoléculas más complejas.

**Figura N° 1.5 Tipo de resinas en un tipo de crudo (a: resina II, b: resina I)**



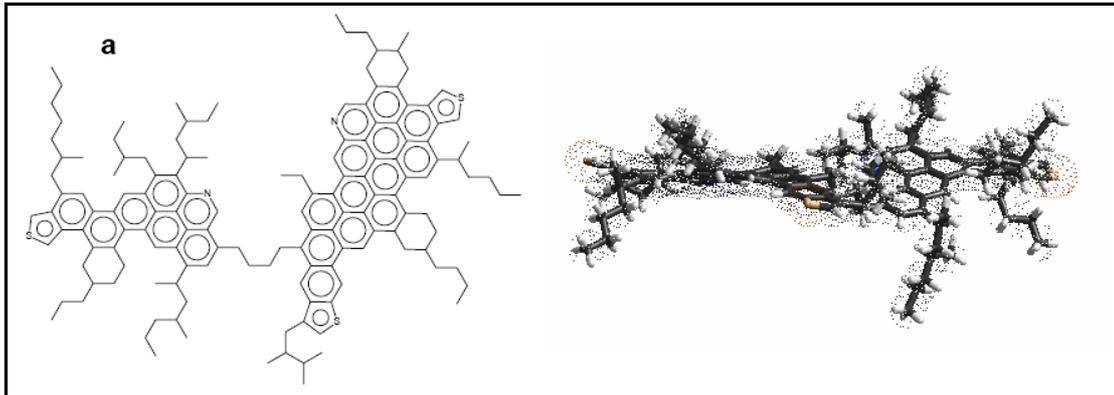
**Asfaltenos**, son las estructuras e hidrocarburos más complejos y de mayor peso molecular presentes en el crudo. Por definición, asfalteno es todo aquel material insoluble en n-heptano, pero soluble en tolueno. Se encuentra concentrado en las fracciones con punto de ebullición superior a 550° C (1022° F), contiene la mayor cantidad de heteroátomos del petróleo crudo, lo que le concede mayor número de puntos polares, ofreciendo mayores posibilidades de formar agregados de alto peso molecular.

En la **figura N° 1.6** se presenta una de las tantas posibles estructuras de asfaltenos de un crudo pesado.

La gran dificultad de estas estructuras es acomodar o insertar los metales más importantes presentes en estos materiales (níquel y vanadio), por lo que solo aparecen el oxígeno, azufre y

nitrógeno. Como se puede observar, los anillos aromáticos de los asfaltenos, constituyen una estructura plana, ofreciendo la posibilidad de formar agregados moleculares más complejos.

**Figura N° 1.6 Vista frontal y lateral del asfaleno de un crudo pesado**



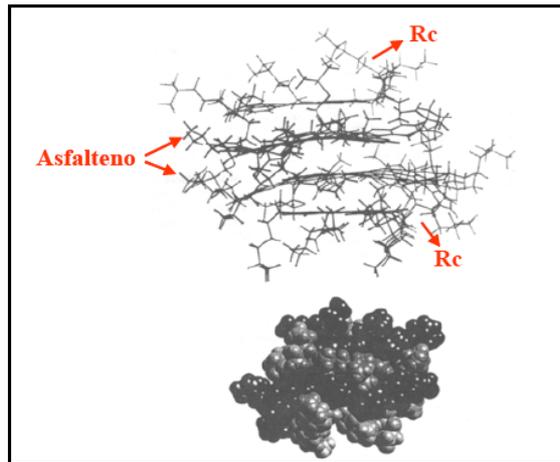
La **figura N° 1.7** permite observar la formación de un agregado molecular de asfaleno, constituido por cuatro grandes moléculas de este componente. Entre estas moléculas se encuentran incrustadas moléculas más pequeñas, posiblemente resinas que ayudan a estabilizar el agregado, el cual, para que se forme es necesario que existan puntos de contacto precisos entre los centros polares de estos componentes.

Es importante entender estos comportamientos, pues una vez formado el agregado, el asfaleno precipita, lo que puede generar grandes taponamientos e incrustaciones en equipos, intercambiadores de calor, bombas, etc., ocasionando pérdidas económicas y problemas operacionales en las refinerías y en el transporte.

Si se conoce en detalle la composición química de un crudo y de cada una de sus diferentes fracciones, es más fácil hacer un correcto uso del crudo en refinería, es posible desarrollar y utilizar mejor los modelos de proceso, aumentar la eficiencia, reconocer y predecir con mayor

precisión los problemas en los procesos catalíticos, tales como taponamiento y desactivación de los catalizadores por los contaminantes presentes en la carga. Por otro lado, se pueden detectar, entender y resolver los problemas de calidad de cada uno de los productos principales <sup>[2]</sup>.

**Figura N° 1.7 Agregados de asfaltenos**



### **Productos Obtenidos del Petróleo por Destilación**

- 1) Hidrógeno e hidrocarburos ligeros, son las moléculas más simples, desde el punto de vista de estructura molecular, entre las cuales se tiene: metano, etano; así como, los compuestos azufrados, entre ellos el ácido sulfhídrico y mercaptanos de bajo peso molecular. Estos compuestos están en estado gaseoso a condiciones cercanas a la presión atmosférica.
- 2) Gases licuados de petróleo: propano y butano, para uso doméstico e industrial.
- 3) Combustibles para motores de automóviles y de aviación. Siendo las gasolinas motor y solventes, aquellos productos que contienen moléculas tales como: parafinas, naftenos y aromáticos, en su mayoría.
- 4) Kerosene, usado como combustible doméstico e industrial.
- 5) Turbo combustible, empleado como combustible para aviones.
- 6) Diesel, empleado como combustible en los motores que emplean el ciclo Diesel.

- 7) Gasóleos de vacío (liviano y pesado), el primero es empleado como combustible en motores Diesel y el segundo como alimentación a las unidades de craqueo catalítico.
- 8) Petróleos industriales o residuales, empleados como combustibles en hornos y calderos de generación de vapor, en motores de turbinas, etc.
- 9) Asfaltos, que es la fracción del petróleo que tiene las moléculas más grandes, pesadas y complejas. Es empleado en la fabricación de carpetas asfálticas en la pavimentación de carreteras <sup>[3]</sup>.

## 1.2 Fracción Comercial - Gasolina

Son los primeros combustibles líquidos que se obtienen del fraccionamiento del petróleo. Está conformada por una mezcla de hidrocarburos comprendidos entre el butano (C<sub>4</sub>-C<sub>10</sub>) y el decano (C<sub>10</sub>-C<sub>22</sub>), con rangos de ebullición típicos de 100 a 400° F (38 a 205° C). De ésta se desprende la Gasolina o Nafta Liviana, conformada por el corte C<sub>5</sub> - 190° F y la gasolina pesada, por el corte restante.

En una gasolina, existen 5 tipos de compuestos que pueden estar presentes, siendo éstos las parafinas normales o ramificadas, ciclopentanos, ciclohexanos, benceno y sus derivados. De estos componentes, aquellos que se encuentren en mayor porcentaje determinarán las características de la gasolina.

La gasolina también puede ser obtenida a través de unidades reformación y craqueo catalítico <sup>(1)</sup>, produciendo gasolinas con números de octano de 98 y 93, respectivamente, a diferencia de los 62 octanos, que en promedio, tienen las gasolinas primarias. Las mezclas obtenidas a partir de estas gasolinas se emplean para la formulación de las gasolinas motor.

(1) Son aquellas unidades que permiten la obtención de productos de mayor utilidad, a través de la transformación de sus moléculas.

Los hidrocarburos que conforman las gasolinas motor son parafinas, isoparafinas, naftenos y aromáticos. Las isoparafinas y los aromáticos aportan el mayor octanaje a las gasolinas.

### **1.3 Tipos de Gasolina**

#### **1.3.1 Gasolina Natural**

Es extraído de los yacimientos de gas natural asociados, es decir, estos yacimientos albergan no solo gas natural sino cantidades menores de hidrocarburos en estado gaseoso, que condensan al ser llevados a la superficie. El condensado obtenido recibe el nombre en función a las propiedades que presente, es por esta razón que si el condensado tiene propiedades similares a las gasolinas, entonces recibe el nombre de gasolina natural. En caso de no presentar características similares a otros productos del petróleo, recibe el nombre genérico de condensado de gas natural. Estas gasolinas tienen octanaje variable, que está en función a los tipos de hidrocarburos que la conforman, sin embargo, e igual que la gasolina primaria presentan octanajes en el orden de 60 RON.

#### **1.3.2 Gasolina Primaria**

Es el primer producto que se obtiene al destilar el crudo de petróleo a presión atmosférica. Contiene hidrocarburos comprendidos entre el butano ( $C_4$ ) y decano ( $C_{10}$ ) y una temperatura de destilación de entre 38 y 205° C <sup>[4]</sup>. Asimismo, no contienen moléculas complejas aromático-nafténicas, debido a que presentan puntos de ebullición más altos que el límite superior del intervalo de ebullición de la gasolina. Está compuesta por parafinas, isoparafinas, naftenos y aromáticos en menor proporción<sup>[5]</sup>.

### **1.3.3 Gasolina craqueada**

Es obtenida en las unidades de craqueo catalítico fluidizado (FCC) <sup>[6]</sup> o de las unidades de craqueo térmico, siendo las primeras la más empleadas en la actualidad por ser más selectiva y rápida. Usualmente, se tiene como carga a esta unidad al gasóleo pesado que proviene de de las unidades de vacío y algunas veces gasóleo liviano <sup>[7]</sup>. Este tipo de gasolina presenta un mayor índice de octanaje que una gasolina primaria, presentando un RON promedio entre 90 y 94.

### **1.3.4 Gasolina reformada**

Existen dos tipos, la térmica y la catalítica, siendo la última la más utilizada. Este tipo de gasolinas provienen de las unidades de reformación, en la cual se transforman las naftas pesadas de las unidades de destilación primaria <sup>[8]</sup>. Aporta buen número de octano y buena estabilidad química. Como subproducto aparece hidrógeno que generalmente se deriva a procesos de hidrogenación. También es posible extraer el benceno y tolueno que se obtienen para utilizarlo como materia prima para la industria petroquímica, haciendo más rentable el negocio.

### **1.3.6 Gasolina de Alquilación**

Proviene de un proceso catalítico en el que se combina una isoparafina y una olefina para producir un compuesto de mayor peso molecular llamado alquilato, el cual se encuentra dentro del rango de destilación de las naftas <sup>[9]</sup>. Está constituida principalmente por el 2,2,4 – trimetiloctano y sus isómeros que constituye una nafta 100% isoparafínica de alto valor de RON y MON y de baja tensión. Su uso está destinado principalmente como gasolinas de aviación. Aporta alto número de octano y sus moléculas presentan muy buena estabilidad.

### **1.3.5 Gasolina de Isomerización**

Se obtiene de las unidades de isomerización, las cuales incrementan el valor agregado de las corrientes de naftas livianas provenientes de las unidades de destilación primaria, obteniéndose una nafta isomerizada de mayor octanaje <sup>[10]</sup>. Este tipo de gasolina llega a saturar las olefinas de la carga, se logra desulfurar mediante la reacción de la carga con una corriente de hidrógeno. Así, esta gasolina permite cumplir con las reglamentaciones ambientales más estrictas a nivel internacional e incorpora una nafta de alto octanaje y baja presión de vapor en el pool de gasolinas.

## **1.4 Ensayos realizados a las gasolinas**

En la industria del petróleo, se aplican ensayos para el petróleo y sus derivados. Estos ensayos permiten mejorar el control de las operaciones de refinación, las cuales deben ser reguladas para obtener productos que satisfagan las condiciones requeridas mediante sus respectivas especificaciones.

En el caso de las gasolinas, aunque son muchas las pruebas importantes que se le realiza, hay tres de ellas que tienen el más grande efecto sobre el desempeño de la misma: presión de vapor, destilación y octanaje <sup>[11]</sup>.

### **1.4.1 Presión de Vapor**

La presión de vapor mide la tendencia de las moléculas a escaparse de una fase líquida, para generar una fase vapor en equilibrio termodinámico. Es una función creciente de la temperatura y es específica de cada cuerpo puro.

### **1.4.2 Presión de Vapor Reid**

Este ensayo es empleado para los productos volátiles no viscosos, como gasolinas y solventes. La presión de Vapor Reid (PVR) es aproximadamente la presión de vapor de la gasolina <sup>[12]</sup>. La Presión de Vapor Reid determina la facilidad de encendido de los vehículos, y la velocidad de la aceleración; así, el tiempo de calentamiento es afectado por el porcentaje de destilado a 158° F (70° C) y el 90% de la temperatura de destilación ASTM D-86.

La PVR se determina en un equipo que consta de un recipiente para la muestra, una cámara de aire de aproximadamente cuatro veces el volumen del recipiente, un baño termostático a 100° F y un manómetro.

Una vez realizada la prueba, el valor que registra el manómetro indicará la Presión de Vapor Reid de la gasolina, y se expresa en psia.

La presencia de butanos, isopentanos y demás ramificados en las gasolinas determinan que a una mayor cantidad de éstos, se obtenga mayor presión de vapor.

### **1.4.3 Destilación atmosférica**

Las características de destilación (volatilidad) de los hidrocarburos tienen un efecto importante sobre su seguridad y rendimiento, especialmente en el caso de combustibles y solventes. El rango de ebullición da información sobre la composición, las propiedades y el comportamiento del combustible durante su almacenamiento y uso <sup>[13]</sup>. La volatilidad es la más determinante en una mezcla de hidrocarburos para producir vapores potencialmente explosivos.

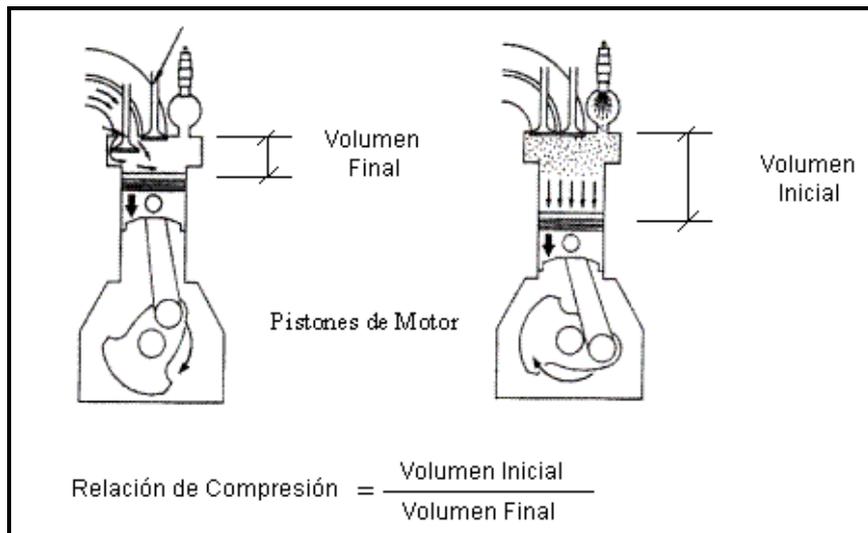
Las características de destilación son críticamente importantes para gasolinas de automóviles y de aviones, afectando el encendido, el calentamiento y la tendencia al bloqueo por vapor a altas temperaturas de operación, elevadas alturas o ambas. La presencia de componentes de alto punto

de ebullición en éstos y otros combustibles, puede afectar significativamente el grado de formación de depósitos sólidos de combustión. El ensayo de destilación se realiza empleando el procedimiento descrito en la norma ASTM D-86.

#### **1.4.4 Octanaje (Número de octano)**

Es una característica esencial de las gasolinas o carburantes utilizados en los motores de encendido por bujía. El octanaje determina las cualidades antidetonantes de combustión de las gasolinas, por tanto está directamente asociada al rendimiento. Este último es proporcional a la relación de compresión que se alcanza. Se define como relación de compresión a la relación entre el volumen libre en el cilindro del motor cuando el pistón es desplazado y el volumen libre del cilindro que ocupan los gases al comprimirse. La combustión de la mezcla aire/gasolina iniciada por la chispa de una bujía, se propaga mediante ondas concéntricas, que comprimen el pistón y la mezcla aun no quemada, elevando la temperatura. En las reacciones de combustión, existe la formación de compuestos intermedios (peróxidos), cuya cantidad en la mezcla residual al alcanzar cierto valor, se descomponen violentamente, provocando una explosión o detonación. Esta detonación debe de coincidir al alcanzar la relación de compresión; si sucede antes, entonces se generará un golpeteo que no dejará alcanzar la relación de compresión eficiente; y en adición, se alterará negativamente las propiedades mecánicas y térmicas del motor. Si la detonación ocurre después de alcanzar la relación de compresión, no se presentará el golpeteo [14].

**Figura N° 1.8 Relación de compresión alcanzada por los pistones de un motor**



En base a lo mencionado, cada motor debe emplear el combustible para el que fue diseñado, dado que el uso de una gasolina de mayor octanaje tendría el mismo efecto que aquella requerida para el adecuado funcionamiento del motor.

La definición de número de octano indica el efecto equivalente que tiene una mezcla de n-heptano e iso-octano en un motor. Es decir, si el octanaje es por ejemplo 90, significa que tendrá un efecto de golpeteo similar al generado por una mezcla de 90 partes de iso-octano y 10 partes de n-heptano. El ensayo empleado para la determinación del octanaje se realiza mediante el procedimiento descrito en la norma ASTM D-2699.

## **Pruebas Complementarias**

### **1.4.5 Contenido de Gomas**

Las gomas son moléculas condensadas por oxidación y polimerización de olefinas inestables. El ensayo empleado para determinar el contenido de gomas en una gasolina se realiza mediante el procedimiento descrito en la norma ASTM D-381 y se determina evaporando la gasolina a 160° F, bajo una corriente de aire precalentado, quedando un residuo con aspecto de barniz. El peso

de este barniz referido al volumen de la muestra inicial representa el contenido de gomas, que tiene que ser menor a 10 mg por 100 ml. Los problemas causados por las gomas son aquellos asociados a las obstrucciones de los accesorios internos del motor, formando en el sistema de combustible un residuo resinoso en la zona caliente de la toma de admisión. Si el residuo se quedara en los vástagos de las válvulas de admisión, incluso puede bloquear su funcionamiento. Si se va aumentando el residuo en capas, puede desprenderse y obturar el sistema de aspiración y filtros.

#### **1.4.6 Contenido de Azufre**

El azufre se encuentra en todas las fracciones del petróleo, y está presente como ácido sulfhídrico, mercaptanos, disulfuros, tiofenos etc. La cantidad de los compuestos azufrados debe ser lo bastante baja como para poder limitar el efecto corrosivo que genera su combustión. Los gases monóxido y dióxido de azufre (SO<sub>x</sub>) al enfriarse, forman ácidos corrosivos en presencia de vapor de agua; éstos al enfriarse y precipitarse disminuyen el pH de las tierras y el agua afectando el desarrollo de flora y fauna.

La especificación de azufre en las gasolinas están limitadas a 0.1% en masa; adicionalmente el efecto corrosivo que pueda ocasionar se determina con el ensayo de Corrosión a la Lámina de Cobre (ASTM D-130).

#### **1.4.7 Color de las Gasolinas**

En gasolinas, es un criterio de identificación de octanaje, realizada de forma visual. Por otro lado, el color ASTM de las gasolinas no influye en su calidad, grado de fraccionamiento, octanaje u otro.

## **1.5 Elevadores de octanaje**

Siendo el octanaje una de las más importantes propiedades de la gasolina, se ha encontrado que la adición en pequeños porcentajes de aditivos incrementa el octanaje. El MMT es dosificado en las gasolinas para alcanzar un incremento de de 2 a 3 octanos, mientras que los productos oxigenados como MTBE, ETBE, Etanol, etc., son empleados en cantidades mucho mayores, llegando en algunos casos (etanol) a usarse como compuesto principal de los combustibles <sup>[15]</sup>.

### **1.5.1 Metil Ter- Butil Éter (MTBE)**

El metil tert butil éter es un compuesto orgánico utilizado como aditivo oxigenante de las gasolinas, tiene un octanaje de 119, presión de vapor reid 9 psi y punto de ebullición de 109° F. Su uso fue promovido en los últimos años con el objeto de aumentar el octanaje de las gasolinas al reducir notablemente la generación de monóxido de carbono y de ozono, así como la presencia de partículas de plomo, provenientes de las emisiones vehiculares. A principios de la década de los ochenta se le consideró un compuesto revolucionario de alto beneficio en el control de la contaminación del aire; sin embargo, en la actualidad su uso está desaconsejado por ser un compuesto agresivo al medio ambiente, pues tiene el potencial de contaminar la napa freática, además de otros problemas.

### **1.5.2 ETBE**

A diferencia del anterior, éste tiene mejores cualidades para realizar las mezclas, debido al bajo PVR que presenta, el cual está alrededor de 4 psi. Asimismo, presenta un octanaje de 119.

Actualmente se ha desfasado el consumo de MTBE por el de ETBE, debido a que estudios sobre el primero han determinado su alta toxicidad generada por la combustión de la mezcla gasolina/MTBE. Uno de los productos intermedios de la reacción de combustión de esta mezcla

es el formaldehído, el cual es altamente tóxico, a diferencia del acetaldehído, producto intermedio de la reacción de combustión gasolina/ETBE que es menos tóxico.

### **1.5.3. MMT**

Uno de los aditivos más utilizados a nivel internacional es el Metil Ciclopentadienil Tricarbonil Manganeso (MMT), compuesto órgano-metálico reconocido como aditivo antidetonante de las gasolinas. Cuando es añadido en concentraciones entre 10 – 18 mg Mn/litro de Gasolina, éste provee una ganancia de octanaje alrededor de 1-2 RON. El MMT® es utilizado en refinerías a fin de alcanzar especificaciones de octanaje de conformidad con las regulaciones establecidas, lo que facilita ciertos aspectos operacionales de la refinería. El MMT ha sido usado en forma continua en las gasolinas sin plomo en Canadá desde 1977 hasta la presente fecha. Su uso alcanzó cerca del 100% de las gasolinas a partir de 1990, cuando el plomo en las gasolinas fue prohibido en Canadá. Actualmente la autorización explícita sobre su uso se ha extendido a un gran número de países tales como Australia, USA, China, Francia, Reino Unido, Argentina, Rusia, Canadá, etc. MMT es hoy empleado, entre otros, en muchos países de Latinoamérica como Argentina, Bolivia, Perú, diversos países de Centroamérica y del Caribe, etc. El uso de MMT hoy día alcanza a más de 45 países en los cinco continentes.

## **1.6 Mezclas de las Gasolinas**

### **1.6.1 Número de Octano de una mezcla**

En el blending (mezcla) de gasolinas, el número de octano de una mezcla de gasolinas no puede ser determinado linealmente a partir de los octanajes de sus componentes, es por esta razón que se emplea índices obtenidos a través de la experiencia para la determinación del octanaje de una mezcla. El número de octano de una mezcla se define mediante la siguiente fórmula:

$$B_t \times RBN_t = \sum (B_i \times RBN_i) \quad (1.1)$$

Donde

$B_t$  = Volumen de gasolina total mezclada, bbl.

$RBN_t$  = índice lineal de octanaje de la mezcla final

$B_i$  = Volumen total de cada componente i, bbl.

$RBN_i$  = índice lineal de octanaje de cada componente

### 1.6.2 Presión de Vapor Reid de una mezcla

La Presión de Vapor Reid (PVR) de una mezcla se obtiene mediante la aplicación de la Ley de Raoult. Se calcula como el promedio de las Presiones de Vapor Reid de los componentes que conforman la mezcla <sup>[16]</sup>.

La fórmula empleada para el cálculo es:

$$M_t(PVR)_t = \sum M_i(PVR)_i \quad (1.2)$$

Donde:

$M_t$  = Número total de moles de la mezcla final

$(PVR)_t$  = Presión de Vapor Reid obtenida

$M_i$  = Número de moles del componente i

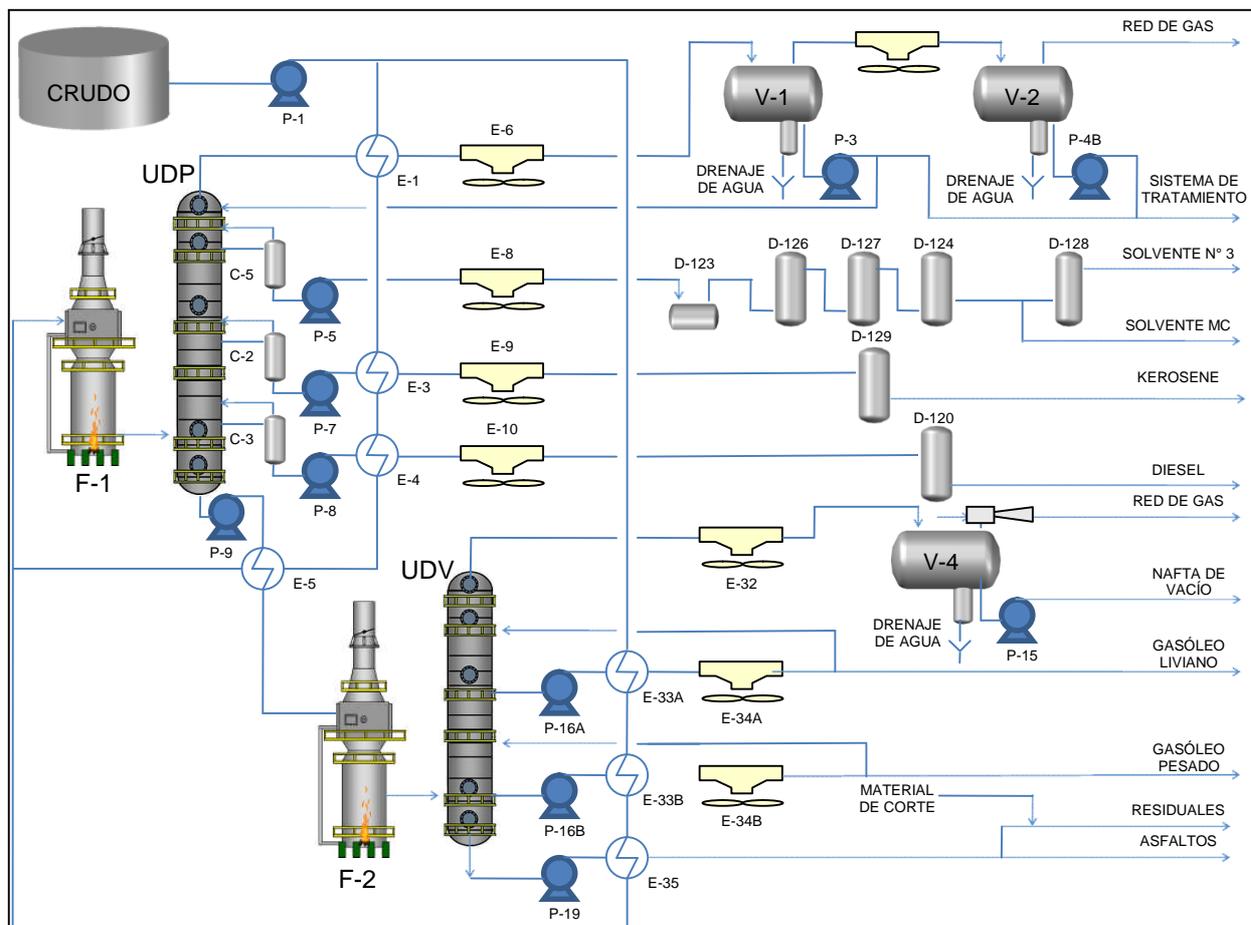
$(PVR)_i$  = Presión de Vapor Reid de cada componente

## **CAPÍTULO II. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS**

### **2.1 Descripción y detalles del proceso**

La Refinería Conchán se ubica en el KM 26.5 de la Antigua Panamericana Sur, en el Distrito de Lurín, en Lima, Perú. Tiene una Unidad de Destilación Primaria que permite el procesamiento de 13.5 MBPD de petróleo crudo. La planta consta de dos bombas booster P-21/22, (presión de operación 35 a 90 psig) que alimenta crudo a las bombas principales de carga P1/P1B (presión de operación 400 a 450 psig), y éstas a su vez descargan el crudo en dos trenes de intercambiadores de calor (un tren para cada circuito de petróleo crudo). El petróleo pasa por la zona convectiva de los dos hornos (F-1 y F-2) y a la salida de éstos, ambos flujos se unen para ingresar a la zona radiante del horno F-1 el cual calienta el crudo hasta unos 650° F, para luego, ser enviado a la columna de destilación atmosférica C-1. En esta unidad se obtiene la gasolina primaria, solventes, kerosene, diesel 2 y crudo reducido, el cual es transferido por las bombas P9/P9A/P9B hacia la zona radiante del horno F-2 el cual lo calienta hasta 730° F (según se produzca residual o asfalto), para luego ser enviado con las bombas P19/P19A hacia la Unidad de Destilación al Vacío, donde se obtiene Nafta de Vacío, Gasóleo Liviano, Gasóleo pesado y Fondos de Vacío (Residual o Asfalto) <sup>[17]</sup>.

**Figura. 2.1 Refinería Conchán - Diagrama de Flujo**



## 2.2 Circuitos de Pre calentamiento de Crudos

### 2.2.1 Circuito N° 1

El crudo de las bombas de carga se transfiere a la planta a través de dos circuitos. En el primero, el crudo intercambia calor con los productos de la Unidad de Destilación Primaria ingresando secuencialmente por los tubos de los intercambiadores E-1 hasta el E-5B, según se muestra en la tabla 2.1 El crudo gana temperatura desde los 70-110° F, con que se alimenta de los tanques de crudo, hasta aproximadamente los 490° F con que se junta con el circuito N° 2 e ingresa a la zona convectiva del horno F-1. El flujo a través del circuito N° 1 es controlado individualmente mediante el lazo de control FIC-1 desde el panel de control el cual tiene una pantalla llamada

Pre-crudo, y globalmente como carga a la Unidad mediante el FIC-1305 que controla el set total de la carga.

**Tabla 2.1 Circuito N° 1 - Intercambiadores de la Unidad de Destilación Primaria**

TAG	Tipo de fluido		Lado Tubos(°F)		Lado casco (°F)		N° tubos	N° pasos	Área ft <sup>2</sup>	Duty MM BTU/hr
	Casco	Tubos	Ent.	Sal.	ent.	sal.				
E-1	Vapores gasolina	Crudo circ.1	110	150	260	230	128	6	655	3.6
E-1B	Vapores gasolina	Crudo circ.1	110	130	272	240	156	6	817	0.79
E-2	Kerosene	Crudo circ.1	150	165	390	150	6	3	783	0.88
E-3	Kerosene	Crudo circ.1	165	180	380	190	8	4	404	0.49
E-3A	Diesel	Crudo circ.1	180	220	436	429	72	10	368	1.63
E-4	Reflujo Diesel	Crudo circ.1	220	300	560	300	156	10	796	4.73
E-5 A	Crudo Reducido	Crudo circ.1	300	370	620	480	52	2	265	2.66
E-5 B	Crudo Reducido	Crudo circ.1	370	380	480	325	52	2	265	1.5

### 2.2.2 Circuito N° 2

El segundo circuito de carga consta de un tren de intercambiadores para calentar el crudo con productos de la Unidad de Vacío (principalmente), según se muestra en la tabla 2.2.

El crudo se precalienta en el E-1A y E-1B, previos a su intercambio con productos de la Unidad de Vacío. Luego, del E-1B pasa secuencialmente a los E-35D/E-35C, E-33A, E-33B y E-35A/E35-B. Este circuito gana temperatura hasta aprox. 500° F. Luego, se junta con el crudo proveniente del circuito N° 1, antes de ingresar a la zona convectiva del F-1. El flujo a través del circuito N° 2 es controlado individualmente, de la misma forma que el circuito N°1 (mediante el lazo de control FIC-1107 desde el panel de control el cual tiene una pantalla llamada Pre-crudo,

y globalmente como carga a la Unidad mediante el FIC-1305 que controla el set total de la carga de crudo).

**Tabla N° 2.2 Circuito N° 2 - Intercambiadores de Destilación al Vacío**

TAG	Tipo de fluido		Lado Tubos(°F)		Lado casco (°F)		N° tubos	N° pasos	Área ft <sup>2</sup>	Duty MM BTU/hr
	Casco	Tubos	Ent.	Sal.	ent.	sal.				
E-35 C	Fondos UDV	Crudo circ.2	130	241	560	443	240	10	1225	4.70
E-33-A	GOL/Reflujo GOL	Crudo circ.2	241	312	429	374	100	6	511	2.93
E-33-B	GOP/Reflujo GOP	Crudo circ.2	312	414	586	488	100	6	511	4.55
E-35 A	Fondos UDV	Crudo circ.2	414	488	670	587	162	10	830	3.67
E-35 B	Fondos UDV	Crudo circ.2	488	510	587	560	162	10	830	1.13

### 2.3. Horno de Destilación Primaria (F-1)

El crudo precalentado en los dos circuitos de intercambio de calor ingresa a la zona convectiva del horno F-1 a una temperatura y presión aproximadas de 460° F y 200 psi., e intercambia calor con los gases de chimenea, subiendo su temperatura hasta 540-560° F. Luego, pasa a la zona radiante, donde incrementa su temperatura hasta los 650° F, para ingresar por la línea de transferencia a la zona de vaporización de la columna de destilación primaria C-1.

El horno F-1 quema residual de 220 cSt. a 50° C, atomizado con vapor de 100 psig. La temperatura de salida del horno es controlada con el instrumento TIC-1 en la pantalla de control Horno F-1, y la presión diferencial vapor-combustible se controla mediante el lazo de control DPIC-10. Las características típicas del horno se muestran en la **tabla N° 2.3**.

**Tabla 2.3. Las características típicas del horno F-1**

<b>Tipo</b>	<b>Horno cilíndrico vertical con zona convectiva.</b>
Duty de Diseño	10.6 MM BTU/hr (sin zona convectiva).
Velocidad másica	192 lb/(sec/ft <sup>2</sup> ).
Número de tubos	40
Diámetro y long de tubos	4 ½ ” O.D., 24 ft. Long.
Material de los tubos	Aleación 5 Cr- 1/2 Mo
Accesorios de hornos	2 termocuplas K para piel de tubos del horno F-1 (2 tubos)
	Serpentín sobre calentador de vapor de 2 etapas (2 anillos)
Número y tipo de quemadores	4 quemadores National Air Oil Burner. Modelo CP20, de llama vertical.
Agente atomizante	Vapor saturado de 100 psig.
Material refractario	Refractario castable, 5” espesor
Pilotos	4 pilotos de gas, uno para cada quemador.
Soplado de hollín	Un tubo soplador de hollín, usa vapor de 200 psig. Para limpieza de tubos de la zona convectiva.
Accionamiento del soplador de hollín	Eléctrico y manual.

Asimismo, las condiciones de operación típicas del horno F-1, para una carga de 13 MBPD de crudo COE, son las siguientes:

**Tabla 2.4. Las características típicas del horno F-1**

Temperatura de entrada zona convectiva:	450-490° F.
Temperatura de salida zona convectiva:	550-560° F.
Temperatura de salida de zona radiante:	610-650° F
Temperatura de piel de tubos zona radiante:	760-915° F
Temperatura de salida de gases de chimenea:	818° F
Presión de Entrada crudo:	202 psig.
Presión de Salida Crudo a C-1:	70 psig.

## 2.4. Columna de Destilación Primaria

El crudo que sale del horno F-1 parcialmente vaporizado ingresa a la zona de vaporización o flash, localizada entre los platos 5 y 6 de la columna fraccionadora. En este punto los componentes ligeros ascenderán como vapores en contracorriente con el reflujo interno y externo, manteniéndose el equilibrio Vapor-Líquido en cada plato de la columna, de tal manera que el vapor que sale de cada plato es más rico en componentes ligeros que el vapor que entra; lográndose así que los vapores se enriquezcan de componentes livianos conforme asciende a los platos superiores. De manera similar, el líquido se va enriqueciendo en componentes pesados conforme desciende a los platos inferiores de la columna. Ver detalles de Extracción de productos de la Columna de destilación atmosférica en la **tabla 2.5**.

**Tabla 2.5. Cuadro resumen de la columna de destilación atmosférica C-1**

Extracción	Salida de columna C-1	Entrada a columna C-1
Vapores de Gasolina	Tope	
Reflujo de Gasolina		Plato 32
Balance agotador Solvente		Plato 26/27
Solvente	Plato 26	
Balance agotador Kerosene		Plato 20/21
Kerosene	Plato 20	
Balance agotador Diesel		Plato 12/13
Diesel	Plato 12	
Reflujo de Diesel		Plato 14
Crudo a columna (zona flash)	Plato 5	
Vapor despojante a C-1	Fondo (lateral)	
Fondos fraccionadora	Fondo	

## PRODUCTOS

### 2.4.1. La Gasolina Primaria

Los vapores procedentes de la parte superior de la columna de fraccionamiento son condensados parcialmente en el E-1, E-1A, E-1B (Crudo vs. Gasolina), luego en el aerorefrigerante E-6, y

recibidos en el separador de gasolina pesada V-1, donde se produce la separación de la mayor parte de condensado del agua que se inyectó como vapor por los fondos de la torre y agotadores, la cual es derivada de la “bota” del V-1 hacia el sistema de drenaje industrial y controlada por el lazo LIC-4. La gasolina pesada es transferida con las bombas P-3/P-3B a los tanques de almacenamiento y el control de nivel del separador de gasolina pesada es realizado por el lazo LIC-5. Los vapores no condensados pasan a través del aerorefrigerante E-15, en el cual se logra una condensación casi total, obteniéndose gasolina liviana (los gases que aun no condensan, pasan a formar parte de la red de combustible del horno F-1). Esta gasolina se recepciona en el separador V-2, y parte de la misma es empleada como reflujo al tope de la columna, cuyo nivel es controlado por el lazo LIC-7. La otra parte del flujo de gasolina del separador V-2 es derivado a los tanques de almacenamiento mediante la bomba P-4B; los niveles de gasolina en ambos separadores se controlan a un 50%.

La parte de la gasolina ligera que retorna como reflujo al tope de la columna (a través de un distribuidor) es controlada a una temperatura que varía de 95 a 135° F. El control de la temperatura de tope se realiza con el instrumento TIC-2 que opera en cascada con el FIC-7.

La presión del sistema es controlada por el instrumento PIC-1 que mantiene control sobre los gases incondensables que van del V-2 a la red de gas combustible del horno F-1. El flujo de estos gases incondensables es registrado mediante el transmisor de flujo FT-250. Se recomienda trabajar con una presión de 2 a 10 psig en el separador V-2, se varía en función del tipo de crudo y volumen de carga.

#### **2.4.2 El Solvente para Material de Corte (Solvente MC)**

Es extraído del plato N° 26 de la torre (plato acumulador). Toda la producción de solvente MC va al Agotador C-5 a través de su controlador de nivel LIC-10, ingresando por la parte lateral superior. En el agotador, el producto entra en contacto con el vapor despojante que ingresa por el fondo y en cada plato es desorbido de los componentes volátiles, los cuales ascienden y salen por la línea de vapores hacia la columna, ingresando a la altura del plato N° 27.

El Solvente MC desorbido baja por los platos del agotador, sale como producto por el fondo, y es transferido por la bomba P-5 hacia el aerorefrigerante E-8 y luego vía el controlador de flujo FIC-20 es enviado hacia su sistema de tratamiento, que está conformado por el decantador de agua D-123 y el filtro de sal D-124.

#### **2.4.3 El Solvente N° 3**

El Solvente N° 3 es extraído de forma similar al Solvente MC, con la diferencia que, en la producción de Solvente N° 3, el producto pasa primero por el decantador de agua D-123, luego seguirá hacia la torre de lavado con soda de 8° Bé, D-126 (para remover los componentes azufrados del solvente), la torre de agua D-127, el filtro de sal D-124 y finalmente en la torre de carbón activado D-128 (para remover los olores característicos del solvente y clarificarlo), para luego, ser enviado a sus tanques de almacenamiento.

#### **2.4.4 El Kerosene**

Es extraído del Plato N° 20 (Plato acumulador) de la Torre y enviado hacia el agotador C-2 a través de su controlador de nivel LIC-3, entrando por la parte lateral superior. En el agotador, el kerosene entra en contacto con el vapor despojante sobrecalentado que ingresa por el fondo y en

cada plato va siendo desorbido de los componentes volátiles, los cuales ascienden hacia la parte superior y salen por la línea de vapores hacia la columna donde ingresa a la altura del plato 22.

El kerosene desorbido sale como producto por el fondo del agotador y es transferido por las bombas P-7B/P-10, para ser enfriado, primero, en los intercambiadores de calor E-2/E-3 que aprovechan para precalentar el crudo del circuito 1 y luego en el E-7 que enfría con aire el kerosene que va a la torre de tratamiento D-129 (filtro de sal) para retirar los remanentes de agua. Posteriormente, el Kerosene es derivado a los tanques de almacenamiento con flujo controlado a través del lazo FIC-16.

#### **2.4.5 El Diesel**

Es extraído del Plato N° 12 (Plato acumulador) de la torre, una parte de la producción de diesel del C-1 y es transferido por medio de las bombas P-8/P-8A. Cede calor al crudo en el intercambiador de calor E-4 y es enviada como reflujo medio de retorno a la fraccionadora a la altura del Plato N° 14. El reflujo medio es controlado con el lazo de control FIC-13. Adicionalmente, existe un controlador de temperatura de reflujo medio, TIC-25, que regula la temperatura deseada de reflujo medio hacia la columna.

El resto del Diesel va al agotador C-3 a través de su controlador de nivel LIC-2. Los componentes volátiles ascienden hacia la parte superior y salen por la línea de vapores del agotador hacia la columna donde ingresa a la altura del plato 14.

El Diesel desorbido sale como producto en el fondo del agotador, y es transferido mediante las bombas P-8/P-8A para su enfriamiento, primero en el intercambiador de calor E-3A, donde cede energía calorífica al crudo que pasa por el circuito N° 1, y luego en el aerorefrigerante E-10. Seguidamente es derivado a su sistema de tratamiento, conformado por el filtro de sal D-120,

después del cual es alineado a sus tanques de almacenamiento. El flujo de diesel es controlado por el lazo FIC-1314.

#### **2.4.6 El Crudo Reducido**

Es extraído del fondo de la Torre mediante las bombas P-9 / P-9A / P-9B, transfiriéndolo hacia los intercambiadores de calor E-5A/E-5B para precalentar el crudo del circuito N° 1. Luego, es enviado hacia la zona radiante del horno de UDV F-2, pasando por el transmisor de flujo FT-1204.

El nivel de fondos de la columna de destilación es controlado mediante el lazo LIC-1109 A/B. El lazo de control LIC-1109 B, controla la salida de crudo reducido hacia el horno F-2 mientras que el lazo LIC-1109 A es una opción de by pass que controla el nivel de fondos la salida directa hacia tanques. Según las necesidades de operación se puede desviar parcial o totalmente el crudo reducido hacia las estaciones de mezcla, registrado por el FT-112, para la adición del material de corte necesario y de allí a los tanques de almacenamiento de residuales comerciales.

#### **2.5 Agotadores o Strippers**

También llamados despojadores o strippers, son empleados para separar parte de los componentes ligeros de los cortes laterales y fondos de la fraccionadora, que hacen que el punto de inflamación (flash point) de los productos sea bajo, haciendo que la eficiencia en la recuperación de componentes ligeros sea menor. Para ello existen los agotadores de solvente, kerosene y diesel, en los cuales los componentes más ligeros son despojados por el arrastre del vapor de agua.

La principal variable de operación es el flujo de vapor, es decir, un aumento en el flujo al agotador aumentará la eficiencia, o, en términos concretos, subirá el punto de inflamación de los productos (así como sus puntos iniciales de ebullición).

Cada agotador requiere vapor despojante en proporciones aproximadas de 0.1 lb/gal de producto de fondo del despojador. Sus características principales se muestran en la **tabla N° 2.6**.

**Tabla N° 2.6 Características principales de los despojadores**

TAG	Producto	N° Platos	Presión Diseño	Temp. Diseño (° F)	Vapor Despoj.	Control de nivel	Diám (pulg)	Altura (ft)
C-5	Solvente	6	143 psig.	450 °F	100 psig	LC-10	30	20
C-2	Kerosene	6	50 psig.	465 °F	100 psig	LC-3	30	42
C-3	Diesel	6	50 psig.	555 °F	100 psig	LC-2	30	42

## 2.6 Coalescedores y deshidratadores (Filtros de Sal)

El Solvente N° 3 de la columna C-1 es transferido mediante la bomba respectiva al coalescedor D-123, después de su paso por los aerorefrigerantes.

Los coalescedores de Refinería Conchán D-122 y D-123, son recipientes cilíndricos, dispuestos horizontalmente para separar el agua de las corrientes de diesel y solvente MC/N° 3, respectivamente. El D-122 tiene internamente una malla de acero inoxidable para favorecer la coalescencia del agua en una “bota” colectora por donde se deriva continuamente al sistema de drenaje industrial. El D-123 en cambio no cuenta con una malla, debido a que la velocidad de separación agua/solvente (que depende principalmente de la viscosidad) es mucho más rápida que la separación diesel/agua.

Los filtros D-120, D-124, D129 y D130, que son empleados como deshidratadores, tienen interiormente sal de roca, la cual está distribuida en tres capas. En la capa inferior, se encuentra

la sal de 4"Ø de tamaño de grano, en la capa intermedia se encuentra la sal de 1.5" Ø, y en la capa superior se encuentra la sal de 0.5" Ø. El producto entra por la parte inferior y atraviesa las capas de sal. La cantidad de agua en suspensión del producto es retenida por la sal y se produce la separación de agua e hidrocarburo. El producto sale por la parte superior y la solución de agua salada se precipita al fondo del recipiente, drenándose periódicamente al sistema de drenaje industrial.

## 2.7 Horno de Destilación al Vacío F-2

El crudo reducido proveniente de la Unidad de Destilación Primaria ingresa al horno F-2 para incrementar su temperatura desde los 510-545° F hasta 660-720° F, dependiendo del tipo de operación y crudo procesado. La temperatura de salida del horno es controlada mediante el lazo TIC-1103 y la cantidad de vapor, empleado como agente atomizante, es controlado con el lazo dPIC-1304. Adicionalmente, dentro del horno existen dos serpentines que se emplean para sobrecalentar el vapor saturado obtenido en las calderas. Parte de este vapor se usa en el eyector de vacío, y la parte restante es empleada como vapor despojante en la columna UDP/UDV. El combustible usado es residual, que tiene una viscosidad de 220 cSt @ ° C, el cual es transferido a los hornos F-1 y F-2 mediante la bomba P-111/P-120.

**Tabla N° 2.7 Condiciones de Operación**

Temperatura de Entrada	510-545° F
Temperatura de Salida	660-720° F
Temperatura de piel de tubos	1250° F
Presión de Entrada	46 psig.
Presión de Salida	16 psig.

## 2.8 Columna de Destilación al Vacío

El crudo reducido calentado en el Horno F-2 va hacia la zona flash de la columna de destilación al vacío (C-6) donde es separado en vapor y líquido. El vapor asciende a lo largo de toda la columna, contiene componentes ligeros y pesados no pueden ser separados completamente, debido a que aún no han sido rectificadas, una gran cantidad de los más ligeros (con mayor presión de vapor), permanecerán en fase vapor en cada plato de la columna, mientras que los productos más pesados (con menores presiones de vapor), quedarán contenidos en la fase líquida.

El vacío de operación de la columna es controlado con el PIC-101. Un valor típico en la Refinería Conchán es de 26 pulg. Hg. Ver detalles en **tabla 2.8.a.** y **tabla 2.8.b.**

**Tabla 2.8 Cuadro resumen de la columna de destilación al vacío C-6**

Extracción	Salida de columna C-6	Entrada a columna C-6
Vapores/gases de tope	Tope	
Reflujo de Gasóleo Liviano		Plato 20
Salida de gasóleo liviano	Plato 17	
Reflujo de Gasóleo pesado		Plato 12
Salida de gasóleo pesado	Plato 9	
Entrada de crudo reducido		Plato 6
Salida de fondos de columna	Fondo	

**Tabla 2.9 Características principales de la Columna C-6**

Característica	Valor o Descripción
Altura total neta, pies	62 pies recipiente, 71'11" total hasta el piso
Diámetro interno, pulg.	5 pies
Espesor nominal, pulg.	½ pulg, 7/16 pulg., 5/8 pulg. en zona rectificación ½ pulgada en zona stripping 7/16 pulg en casquetes de tope y fondo.
Nº platos	15 platos en zona de rectificación 5 platos en zona de stripping (fondos)
Presión de diseño, psig	60 psig
Temp. de Diseño	775° F

**Tabla 2.9 Características principales de la Columna C-6**

<b>Característica</b>	<b>Valor o Descripción</b>
Temp. de Diseño	775° F
Material de construcción	Acero ASTM A-285 C
Capacidad del recipiente	1160 pies cúbicos
N° de copas	86 copas/plato en zona rectificación, 2' espaciado entre platos. 17 copas/plato en zona de stripping.
Tipos de copas	Copas de burbujeo de 4" O.D.
Protegido por	Válv. Seguridad PSV-1902, seteado a 60 psig.

### **2.8.1 Eyectores de Vacío**

Se dispone de un eyector que emplea 1,500 Lb/h de vapor sobre calentado para la generación de vacío, lográndose obtener una presión de operación de 26 pulg. de mercurio., permitiendo incrementar la temperatura de destilación por encima de los 700° F, sin el riesgo de craqueo que se produciría al destilar crudo en una unidad de destilación atmosférica a la temperatura señalada.

El eyector está conectado al separador de nafta de vacío, el cual tiene una capacidad de 3.5 m<sup>3</sup> y se opera en 50% de nivel.

### **2.8.2 Nafta de Vacío**

Los componentes más ligeros (gases incondensables, vapor de agua y nafta) son extraídos del tope de la torre por medio de un eyector que opera con vapor sobrecalentado de 200 psig. La mezcla de vapores procedentes de la parte superior de la columna es condensada en el aerorefrigerante E-32, luego pasan al acumulador V-4, donde se separa el condensado que es evacuado continuamente al sistema de drenaje industrial con la bomba P-18. La Nafta de vacío acumulada en el V-4 se extrae con la bomba P-4A/P-15 y es enviada al tanque de Diesel, pasando por el transmisor de flujo FT-126. Los gases incondensables del acumulador V-4, son

separados del condensado y derivados a la red de combustible del horno F-2, mientras que la fracción líquida es neutralizada y evacuada continuamente al sistema de drenaje industrial.

### **2.8.3 Gasóleo Liviano de Vacío**

El gasóleo liviano se extrae de la columna del plato 18, por medio de las bombas P-16/P-16A y es enviado hacia el intercambiador de calor E-33B para ceder calor al crudo del circuito N° 2; continúa su enfriamiento en el aerorefrigerante E-34A, luego, se divide en dos corrientes, una de reflujo hacia el tope de la columna C-6 para el control de temperatura, mediante el lazo TIC-1102 y la otra hacia los tanques de diesel, (pasando por el coalescedor y filtro de sal D-122 y D-120), respectivamente vía el control de flujo FIC-1105. En los casos en que, por variaciones en la Unidad de Vacío, se manche el gasóleo liviano, se alinea al sistema de gasóleo pesado hasta que el producto se corrija, para evitar la contaminación de los tanques de diesel.

### **2.8.4 Gasóleo Pesado de Vacío**

El gasóleo pesado es extraído del Plato N° 9 con las bombas P-16A/P-16B y enviado al intercambiador E-33A, donde cede parte de su calor al crudo proveniente del circuito N° 2. Después se divide en dos corrientes, una de éstas retorna a C-6 como reflujo de gasóleo pesado a la altura del plato N° 12 para mejorar la rectificación de la columna, controlado con el lazo FIC-103, y la otra, va a continúa su enfriamiento en el aerorefrigerante E-34B y, de allí a sus tanques de almacenamiento. El control del flujo de gasóleo pesado se realiza mediante el FIC-1106.

### **2.8.5 Fondos de Vacío**

El residuo de Vacío es extraído del fondo de la torre con las bombas P-19/19A hacia el intercambiador E-35A/B donde intercambia calor con el crudo del circuito N° 2 en su recorrido final. Luego va al E-35 C donde también intercambia calor con el crudo del circuito de crudo N°

2 en su recorrido inicial, y posteriormente va a las estaciones de mezclas o hacia los tanques, según la operación de producción programada.

Los fondos se extraen con una temperatura de 580-660° F, para lo cual existe una línea de retorno de fondos del C-6 después del E-35 A/B, que se usa cuando las condiciones de operación así lo exijan. Estos fondos de retorno a C-6, forman el “quench”, que permite minimizar posible reacciones de craqueo térmico (menos formación de coke) en los fondos. El nivel de fondos de la columna C-6 se controla mediante el lazo LIC-1104 y el flujo de salida se registra en el FT-122.

Existen dos tipos de operación que define el producto de fondos de la columna C-6, operación residual y operación asfalto. En el primero, los fondos de vacío no son el producto principal a conseguir; es decir, se suele extraer máximas cantidades de Gasóleo Liviano y Gasóleo Pesado, mientras que los fondos de vacío se derivan hacia la producción de combustibles residuales y sus especificaciones son obtenidas con la adición de material de corte. En el segundo, el fondo es el principal producto y sobre la operación debe mantenerse un estricto control de sus variables, tales como viscosidad, penetración, etc., las cuales están en función a la temperatura y a la presión de vacío alcanzada.

## **2.9 Aerorefrigerantes**

Son equipos que permiten el enfriamiento de corrientes de proceso, y emplean aire como fluido de enfriamiento. Son utilizados principalmente para retirar el calor remanente que no se pudo transferir al crudo en sus circuitos de precalentamiento.

En Refinería Conchán, los enfriadores atmosféricos o aerorefrigerantes son de tiro forzado y cada uno de ellos es accionado por un motor eléctrico de 50 HP. Están conformados por cabinas con tubos aletados de 1"Ø, 14 BWG dispuestos horizontalmente. La longitud de los tubos es de 20 ft a excepción de los E-13 y E-14 que tienen tubos de 8 ft y 16 ft respectivamente. La distribución actual de aerorefrigerantes y sus características principales se muestran en la tabla 2.10.

### **2.10 Separadores de Tope**

Son recipientes horizontales trifásicos, que permiten la obtención de condensado, gasolina y gases. En la UDP se dispone de dos separadores, uno para gasolina pesada (V-1) y otro para liviana (V-2).

Cada separador cuenta con una “bota” de acumulación de condensado, cuyo nivel es controlado mediante un lazo automático y/o manual; la línea de salida del producto es de 3"Ø, situada a 10" de la base del separador, la cual minimiza el riesgo de enviar agua a la columna.

Parte de la gasolina pesada es transferida como reflujo a la columna UDP, el resto, junto con la gasolina liviana, es enviada a su tanque de almacenamiento, mientras que los gases no condensados son derivados a la red de combustión del horno F-1.

**Tabla N° 2.10 La distribución actual de aerorefrigerantes y sus características principales**

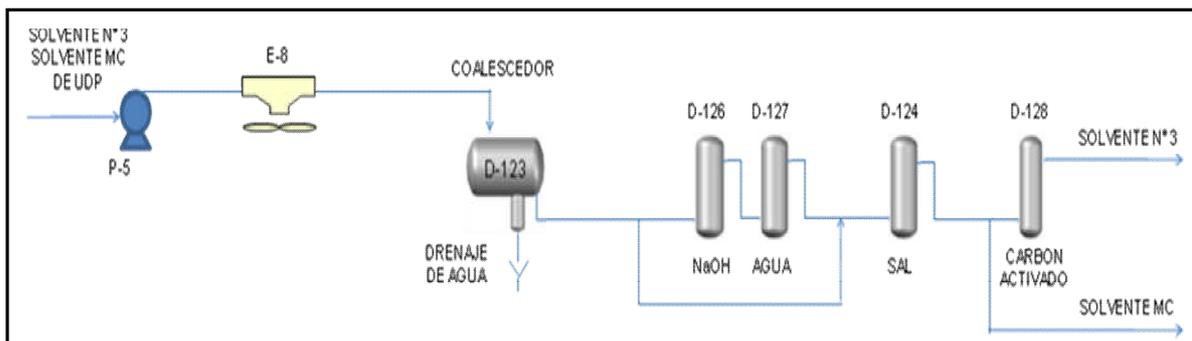
<b>Item</b>	<b>Producto</b>	<b>Num.Tubos/ cuerpos/pasos</b>	<b>Duty MM BTU/hr</b>	<b>Area lisa ft2</b>	<b>Area ft2</b>	<b>Temperatura ° F</b>	<b>Presión psi</b>	<b>Temperatura Ent/sal(° F)</b>
E-6	Vapores de gasolina (tope C-1)	142 / 1 / 2	5.01	745	11900	280	50	253/190
E-7	Vapores de gasolina de V-2	54 / 1 / 4	0.63	282	4533	215	115	190/100
E-8	Solvente	22 / 1 // 4	0.33	115	1730	415	85	215/100
E-9	Kerosene	74 / 1 / 8	1.10	381	5830	500	135	260/100
E-10	Diesel	62 / 1 / 6	1.37	319	5205	305	115	280/120
E-11	Residuales	385 / 2 / 14	1.67	2020	-----	340	135	314/140
E-32	Vapores tope C-6	142 / 1 / 1	1.88	741	15200	450	60	185/110
E-34	Gol/Gop	164 / 2 / 5	5.71	1380	28200	450	150	290/120
E-13	F/S	102 / 1 / 4	1.20	206	3440	265	265	240/130
E-14	Residuales	480 / 2 / 5	2.29	4090	----	300	135	274/140
E-15	Gasolina	90 / 1 / 4	1.06	463	7550	215	50	190/100



## 2.12 Tratamiento cáustico del Solvente MC/Solvente 3.

En el caso de solvente MC, la producción pasa por el coalescedor de agua D-123 y un filtro de sal D-124. Sin embargo, la producción de solvente 3 exige la remoción  $H_2S$  y de mercaptanos, para lo cual se efectúa un lavado con soda y agua, lo que se describe a continuación. La producción de Solvente N° 3 sale del agotador C-5, es bombeado a través del coalescedor D-123, y torre de lavado con soda D-126, torre de lavado con agua D-127, filtro de sal D-124 y finalmente filtro de carbón activado D-128, después del cual el producto es derivado a sus tanques.

**Figura 2.12 Sistema de tratamiento de Gasolina/Solvente N° 3**

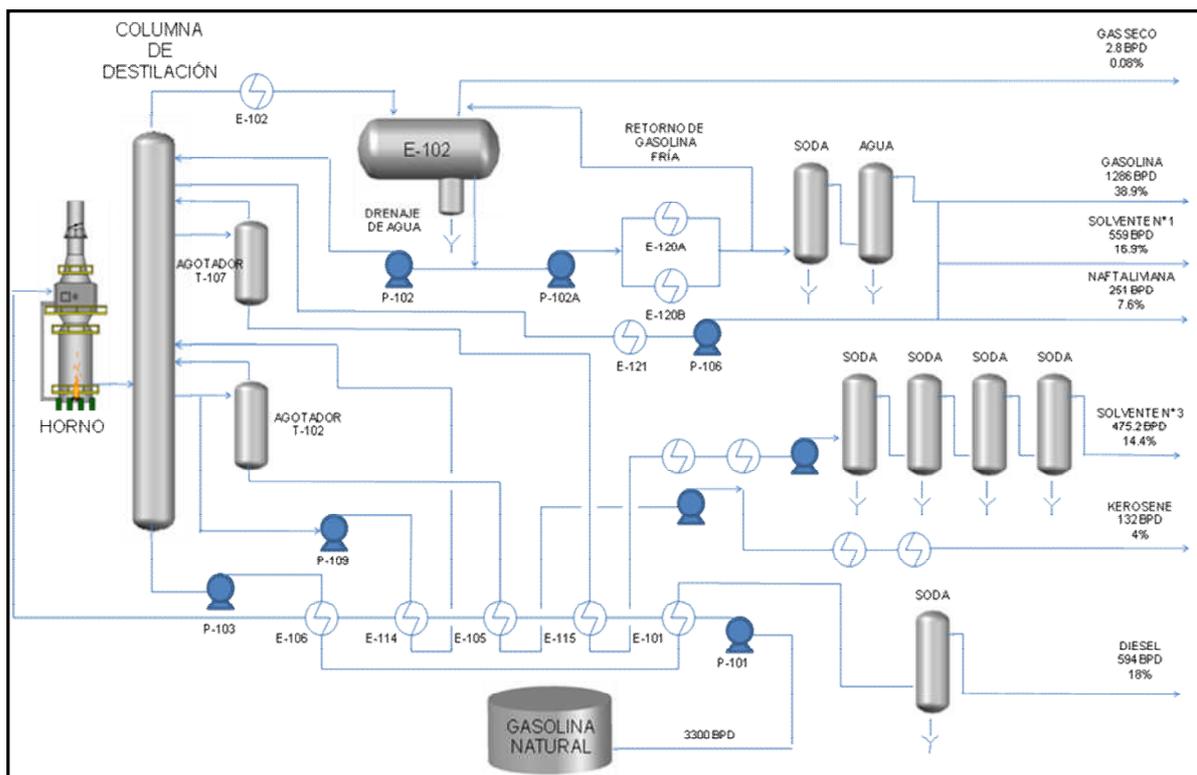


## CAPÍTULO III. EXPERIENCIAS OPERATIVAS

### 3.1 Experiencia Operativa en Refinería Pucallpa

Refinería Pucallpa, ubicada en el Distrito de Calleria-Departamento de Ucayali, tiene experiencia en el procesamiento de gasolina natural en su unidad de destilación primaria. Esta Refinería procesa petróleo durante 4 días y gasolina los 26 días restantes del mes. El cambio de operación se hace en línea, es decir, la gasolina es alineada cuando el crudo está siendo procesado. Como productos de esta operación, se obtiene por el tope gasolina liviana, Solvente N° 3, Kerosene y Diesel.

**Figura 3.1 Refinería Pucallpa - Diagrama de Flujo**



## **3.2 Experiencia Operativa en Refinería Conchán – RFCO**

### **3.2.1 Dosificación de gasolina conjuntamente con el crudo**

En Refinería Conchán es una práctica común dosificar 5% en volumen de gasolina primaria (almacenada en tanques) a la succión de la bomba de carga de crudo, para promover la maximización de destilados medios. La dosificación de gasolina favorece el fraccionamiento de los componentes del petróleo, debido al efecto de arrastre que se genera por tratarse de un compuesto liviano. Adicionalmente, se tiene un efecto de limpieza en el tren de precalentamiento de crudo y mejora en el precalentamiento mismo (debido al incremento del coeficiente de transferencia de calor al disminuir la viscosidad).

### **3.2.2 Uso de la columna de destilación primaria como pre-flash**

El precalentamiento de crudo, en operación normal, es en RFCO del orden de 490-500° F, temperatura considerada óptima para acoplar una torre pre-flash y ganar carga (20-25%). En Refinería Conchán, para simular una operación tipo pre flash se bajan condiciones de operación de 650° F en el horno F-1 a 500° F, temperatura con la cual se alinea a la columna de destilación primaria para la separación del producto flasheado. Es decir se usa la columna como un “*pre flash rectificador*”, lográndose extraer los cortes de gasolina, solvente, kerosene incluso diesel.

## **CAPÍTULO IV. CORRIDA DE PRUEBA**

### **4.1 Objetivo**

Se realiza la corrida de prueba en la unidad de destilación primaria de Refinería Conchán. La carga es una nafta de 93 RON proveniente de la Unidad de Craqueo Catalítico de Refinería Talara. Se espera obtener fracciones de mayor octanaje y formular gasolinas de 97 RON para el mercado nacional.

### **4.2 Adecuación de la Planta**

Las unidades de procesos (UDP y UDV de RFCO) deben estar en producción de Residual, operación que tiene condiciones operativas menos severas a la de Asfaltos. Se coordina disminuir gradualmente la temperatura de los hornos, en forma similar a las que se consiguen cuando se establece el programa de parada de unidades, pero el límite es un escenario intermedio. El horno F-1 de primaria queda con dos de los cuatro quemadores en servicio, en condiciones de recibir un hidrocarburo líquido liviano con una temperatura apropiada para su manipuleo.

Se procede a alinear los fondos de primaria directamente al tanque de residual, por la línea de 4" Ø y la UDV queda fuera de servicio (previo lavado del sistema) quedando "embotellada" con producto liviano en el sistema de evacuación de fondos.

Es necesario acotar que se operan los agotadores con nivel relativamente bajo para promover el rápido cambio de inventario.

Se estima que el cambio gradual de temperatura se realice en un lapso de 1.5 horas, tiempo en el cual, los productos se alinean al manifold de planta, para ser enviados al tanque de slop, a excepción del producto de tope, que será enviado al tanque de gasolina. Cuando la temperatura de salida del horno se encuentre en 250° F, se alinea 6,000 BPD de gasolina primaria a las bombas de carga P-1 y/o P-1B por un lapso de 2 horas, para efectos de cambiar el inventario circulante del sistema (columna, agotadores y hornos) y estabilizar las condiciones de operación (perfil térmico de la columna). Seguidamente, se alinea la NFCC del tanque suministro N° 23, en simultáneo con la gasolina primaria por un lapso de 1.5 horas, después del cual, solo se enviará 6,000 BDP de NFCC.

Se estima que un tiempo de 3 horas para lograr la estabilización de la UDP.

**Tabla N° 4.1 Tiempo estimado para el alineamiento de NFCC y Estabilización de UDP**

<b>Actividades</b>	<b>Tiempo (Hrs.)</b>
Cambio de temperatura y alineación de los productos al tanque de slop.	1.5
Alineamiento de gasolina	2.0
Alineamiento de NFCC	1.5
Estabilización de UDP	3.0

Se debe controlar las temperaturas de los platos de extracción en 165/195/230° F, y verificar el color de las fracciones antes de alinearlos a sus tanques respectivos. Los fracciones N° 1 y 5 serán enviados al tanque N° 16, y las fracciones N° 2, 3 y 4 al tanque N° 17.

**Tabla 4.2 Tanques de almacenamiento y Octanaje estimado de las fracciones obtenidas por destilación de NFCC**

<b>CORRIENTE DE PROCESO</b>	<b>CORTE</b>	<b>TANQUE DE RECEPCIÓN</b>	<b>RON ESTIMADO</b>
Plato de Gasolina Tope (C-1)	FRACCIÓN 1	TK - 16	97 - 98
Plato de Solvente	FRACCIÓN 2	TK - 17	85 - 89
Plato de Kerosene	FRACCIÓN 3		
Plato de Diesel	FRACCIÓN 4		
Crudo Reducido	FRACCIÓN 5	TK - 16	96 - 98

#### **4.3 Estabilización de UDP**

Una vez alineada la NFCC a la planta, se buscará mantener la temperatura en 250° F a la salida del horno F-1 y 140° F en el tope de la UDP. No se empleará vapor despojante en los agotadores. Se estima que un tiempo de 3 horas para la estabilización de la UDP.

#### **4.4 Optimización del procesamiento de NFCC en planta**

Una vez estabilizada la UDP, enviar muestras de las 5 fracciones al laboratorio para determinar su calidad. A las fracciones obtenidas se les realizará los ensayos correspondientes de RON y destilación, Cuando el laboratorio reporte los resultados, se procederá a optimizar la mezcla de las mismas y modificar los parámetros de operación para mejorar la calidad de las fracciones extraídas.

## CAPÍTULO V ANÁLISIS Y RESULTADOS

### 5.1 Análisis a partir de los datos obtenidos por destilación Hempel ASTM D 285

(Referencia: Tabla 5.4, Anexo III)

Los cortes obtenidos presentan octanajes comprendidos entre 89.6 – 98.3 RON, PVR entre 0 - 15.0 psia y grado API entre 32.9 - 81.1. De los datos de la tabla 5.1, obtenidos por destilación Hempel ASTM D 285, se extraen los cortes 1, 2 y 4, que serán empleados para formular la gasolina de alto octano a través de una mezcla directa en tanque, es decir, los cortes 1, 2, 3 y 4 son equivalentes a las fracciones 1, 2, 3, 4 y 5 de UDP. Los cálculos del octanaje y la presión de vapor reid de la mezcla se determinará mediante el índice RBN (ver tabla 5.3) y la aplicación de la ley de Raoult “la presión parcial de un disolvente sobre una disolución está dada por la presión de vapor del disolvente puro, multiplicada por la fracción molar del disolvente en la disolución” respectivamente.

### 5.2 Cálculos

#### 5.2.1 Primer cálculo

Con base 10 Bbl. de NFCC y considerando los datos de la **tabla 5.4** (peso molecular: 109.8, RON: 93.0, RVP: 6.6), se evalúa la mezcla de los corte 1, 3 y 4, las cuales presentan las siguientes características:

**Tabla 5.1 Volúmenes para la formulación de gasolina G-97 y G-90**

	Volumen (Bbl)	Masa (Kg)	Peso Molecular (g/mol)	Moles	RON	RVP psi	RBN
Corte 1	3,0	317,4	84,98	3745,0	98,3	15,0	68,7
Corte 3	2,5	325,1	140,3	2317,2	93,0	5,5	63,9
Corte 4	1,0	136,8	166,4	822,1	98,1	0,0	68,5

La mezcla de estos cortes da como resultado:

- Determinación del RON

$$B_t \times RBN_t = \sum (B_i \times RBN_i) \quad (1.1)$$

$$B_t \times RBN_t = 3.0 \times 68.7 + 2.5 \times 63.9 + 1.0 \times 68.5 = 434.35$$

$$(3.0 + 2.5 + 1.0) \times RBN_t = 434.35 \Rightarrow RBN_t = 66.82$$

Luego, este número de  $RBN_t$  corresponde a:

$$RBN_t = 66.82 \text{ y del Anexo II (tabla 5.3) } RON = 96.4$$

- Determinación del RVP

$$M_t(RVP)_t = \sum M_i(RVP)_i$$

$$M_t RVP_t = 3745 \times 15.0 + 2317.2 \times 5.5 + 822.1 \times 0.0 = 68919.6$$

$$(3745.0 + 2317.2 + 822.1) \times RVP_t = 68919.6 \Rightarrow RVP_t = 10.01$$

En este caso, el octanaje de la mezcla evaluada es de 96.4, inferior a 97 RON deseado, por lo que se evaluará nuevas cantidades de los cortes 1, 2 y 3.

## 5.2.2 Segundo cálculo

**Tabla 5.2 Volúmenes para la formulación de Gasolina 97 RON y Gasolina 90 RON**

	Volumen (Bbl)	Masa (Kg)	Peso Molecular (g/mol)	Moles	RON	RVP psi	RBN
Corte 1	2,5	264,5	84,98	3112,5	98,3	15,0	68,7
Corte 3	1,0	130,0	140,3	926,6	93,0	5,5	63,9
Corte 4	1,0	136,8	166,4	822,1	98,1	0,0	68,5

La mezcla de estos cortes (fracciones) da como resultado:

- Determinación del RON

$$B_i \times RBN_t = \sum (B_i \times RBN_i) \quad (1.1)$$

$$B_i \times RBN_t = 2.5 \times 68.7 + 1.0 \times 63.9 + 1.0 \times 68.5 = 304.15$$

$$(3.0 + 1.0 + 1.0) \times RBN_t = 304.15 \Rightarrow RBN_t = 67.6$$

Luego, este número de  $RBN_t$  corresponde a:

$$RBN_t = 67.6 \text{ y del Anexo II (tabla 5.3) } RON = 97.2$$

- Determinación del RVP

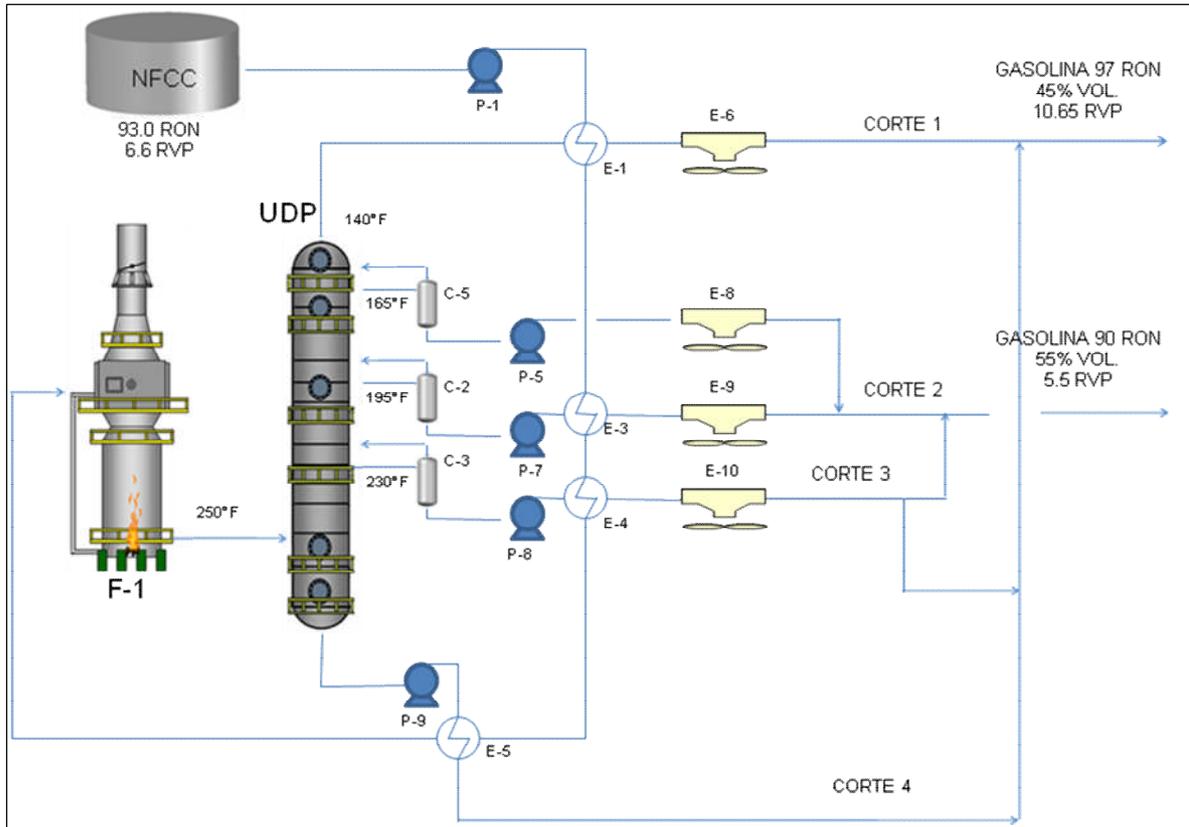
$$M_i(RVP)_t = \sum M_i(RVP)_i$$

$$M_i RVP_t = 3112.5 \times 15.0 + 926.6 \times 5.5 + 822.1 \times 0.0 = 51780.5$$

$$(3112.5 + 926.6 + 822.1) \times RVP_t = 51780.5 \Rightarrow RVP_t = 10.65$$

Los resultados muestran que por cada 10 Bbl. de NFCC de 93 RON obtenemos 4.5 Bbl. de gasolina de 97.2 RON y RVP 10.65, y 5.5 Bbl de gasolina de 89.6 RON y 5.5 RVP.

**Figura 5.1 Esquema de procesamiento de NFCC en Refinería Conchán**



## CAPÍTULO VI. EVALUACIÓN ECONÓMICA

### 6.1 Demanda de gasolinas en el país

Para realizar la demanda proyectada de gasolinas se tomó como referencia las proyecciones presentadas por Ministerio de Energía y Minas <sup>[18]</sup> para el periodo 1999 – 2016. Estas proyecciones contemplan una caída en la demanda de gasolinas, la cual se debe al ingreso del gas natural a la matriz energética como gas vehicular e industrial; sin embargo, el mercado peruano aún será demandante de gasolinas.

**Tabla 6.1 Demanda de Gasolinas a nivel nacional para el periodo 1999 – 2016**

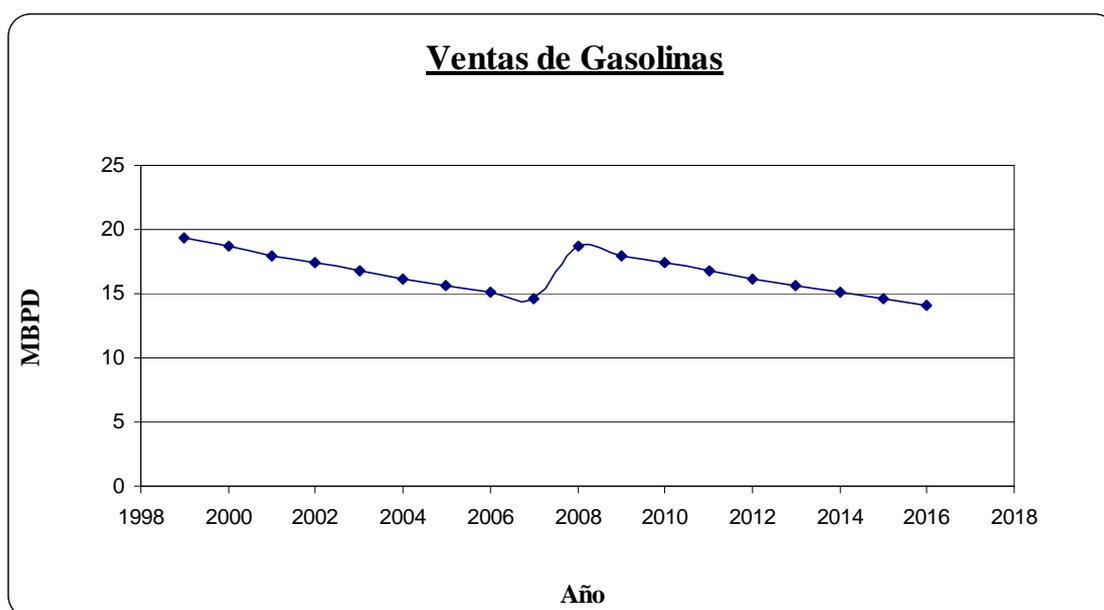
AÑO	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Gasolinas, MBPD	19,4	18,7	18	17,4	16,8	16,2	15,6	15,1	14,6

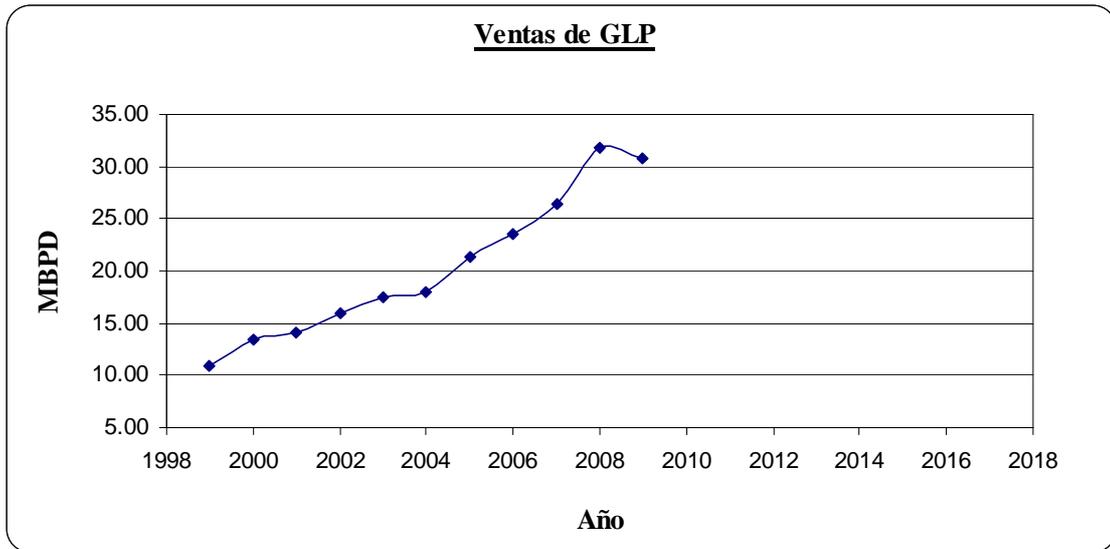
AÑO	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Gasolinas, MBPD	18,7	18	17,4	16,8	16,2	15,6	15,1	14,6	14,1

Fuente: Ministerio de Energía y Minas, 2008

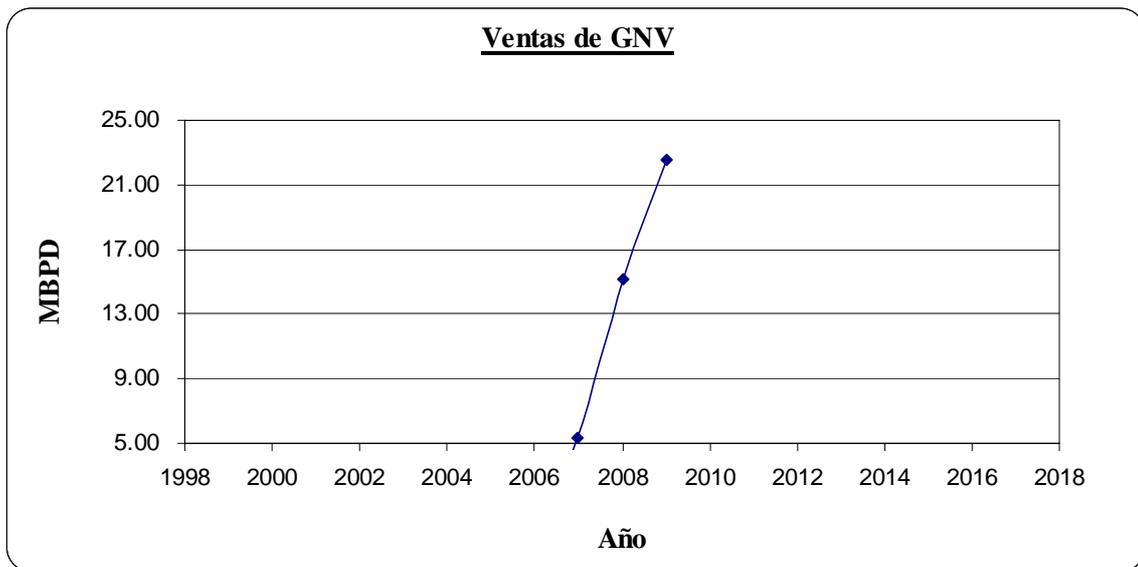
**Gráfico 6.1 Demanda de Gasolinas periodo 1999 – 2016**



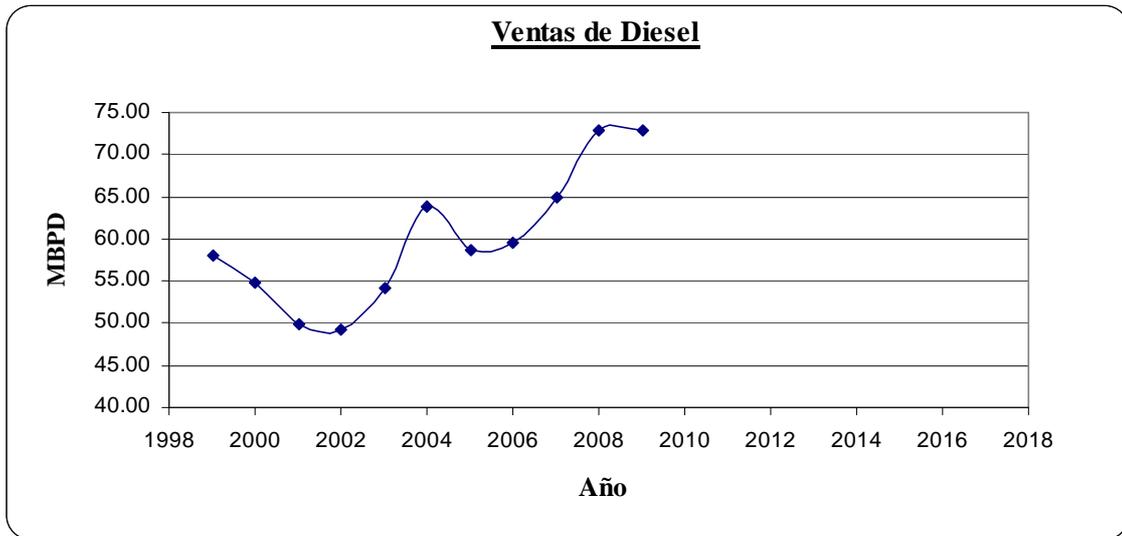
**Gráfico 6.2 Demanda de GLP periodo 1999 – 2009**



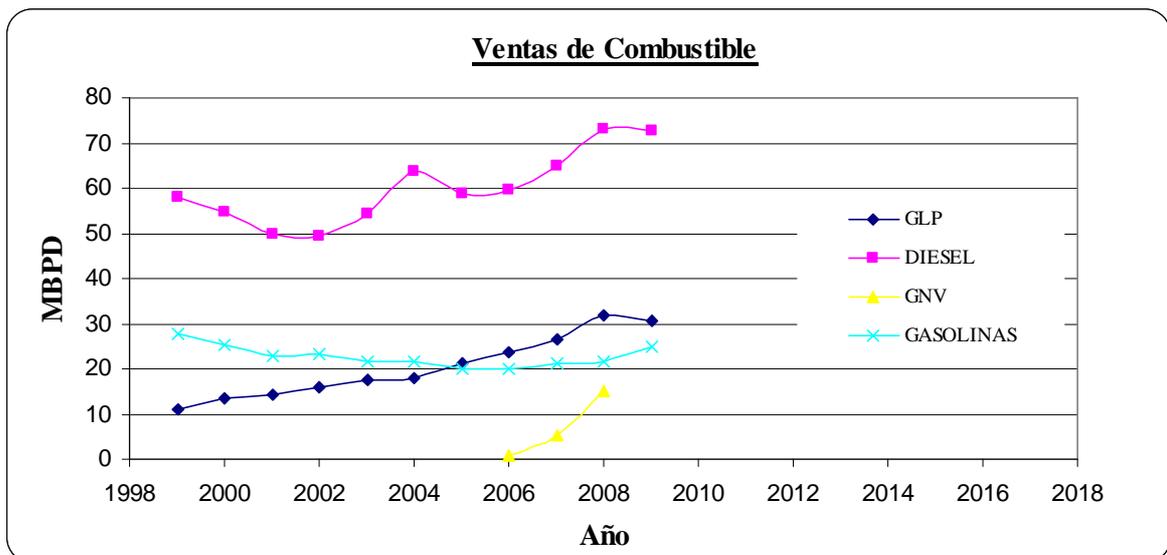
**Gráfico 6.3 Demanda de GNV a 1999 – 2009**



**Gráfico 6.4 Demanda de Diesel periodo 1999 – 2009**



**Gráfico 6.5 Demanda de Combustibles periodo 1999 – 2009**



Como se evidencia en el gráfico N° 6.1., la tendencia de la demanda de gasolinas es a la baja, debido al incremento continuo de consumo que ha tenido el diesel y GLP. Sin embargo, en el periodo 2007-2008, se manifestó un incremento en la demanda de gasolinas y una disminución del consumo de GLP y diesel, debido a la inclusión del gas natural vehicular (GNV) <sup>[19]</sup> en el parque automotor, el cual ha empezado a ocupar parte del mercado del GLP.

Las actuales políticas sobre el precio de los combustibles, están direccionadas a incrementar el consumo de gasolinas, disminuyendo su precio respecto al diesel, esperándose que se incremente la demanda de 2009 en adelante.

## 6.2 Escenario Actual

Los diagramas simplificados con las cantidades promedio de cada componente requerido para la formulación de gasolinas de 84, 90 y 97 RON no incluye la adición de elevadores de octanaje.

Asimismo, se mantiene el esquema para la formulación de la gasolina de 84 RON; es decir el reprocesamiento de la NFCC, permite sólo la obtención de gasolina de alto octano (97 RON) y los excedentes se emplearán para formular gasolina de 90 RON, para lo cual se adicionará GP y NFCC en las proporciones adecuadas.

**Tabla 6.2 Gasolinas en Refinería Conchán**

Gasolina	Cantidad (BPD)	Precio <sup>(*)</sup> (US\$/Bbl.)
G-97	276	79.90
G-95	0	79.36
G-90	1,514	64.87
G-84	1,068	57.96

(\*) Precio neto

- **Formulación de Gasolina de 97 RON**

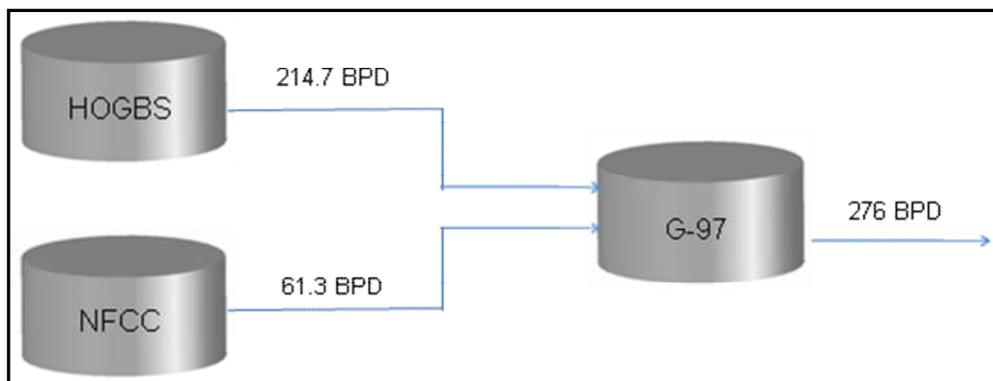
$$0.778 \text{ Bbl (HOGBS)} + 0.222 \text{ Bbl (NFCC)} \Rightarrow 1 \text{ Bbl (G-97)}$$

**Tabla 6.3 Formulación de Gasolina de 97 RON**

Gasolina	Cantidad (Bbl)	Octanaje	Precio (*) (US\$/Bbl.)
NFCC	61.3	93	58.08
HOGBS	214.7	98	106.10

(\*) Precio neto

**Figura N° 6.1 Formulación de Gasolina de 97 RON**



- **Formulación de Gasolina de 90 RON**

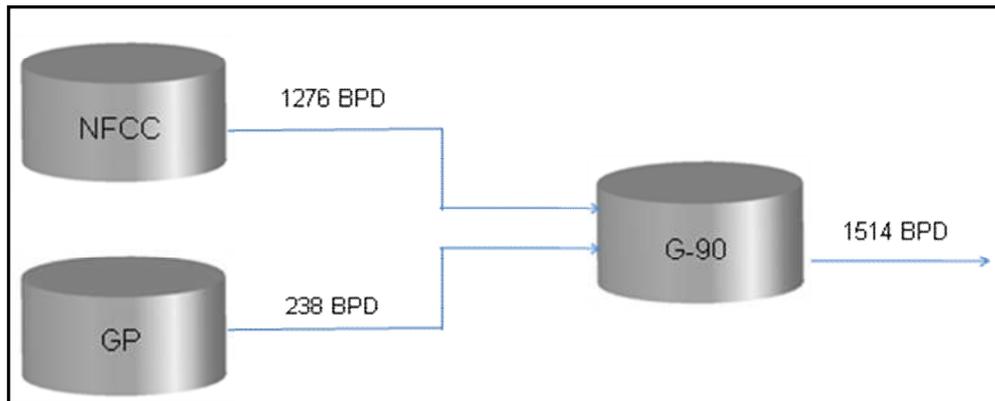
$$0.843 \text{ Bbl (NFCC)} + 0.157 \text{ (GP)} \Rightarrow 1 \text{ Bbl (G-90)}$$

**Tabla 6.4 Formulación de Gasolina de 90 RON**

Gasolina	Cantidad (Bbl)	Octanaje	Precio (*) (US\$/Bbl.)
GP	238.0	62	55.08
NFCC	1276	93	58.20

(\*) Precio neto

**Figura. N° 6.2 Formulación de Gasolina de 90 RON**



**Tabla 6.5 Formulación Actual Final de Gasolina de 97 RON y Gasolina de 90 RON**

Gasolina	Cantidad (Bbl)	Octanaje	Precio <sup>(*)</sup> (US\$/Bbl.)
GP	238.0	62	58.48
NFCC	1,337.3	93	62.72
HOGBS	214.7	98	105.95

(\*) Precio neto

### Determinación de la Rentabilidad

- **Ingresos**

$$I = \text{Precio} \times \text{Cantidad (G-97)} + \text{Precio} \times \text{Cantidad (G-90)}$$

$$I = 79.90 \times 276 + 64.87 \times 1514 = \text{US\$ } 120265.58$$

- **Egresos**

$$E = \text{Precio} \times \text{Cantidad (HOGBS)} + \text{Precio} \times \text{Cantidad (NFCC)} + \text{Precio} \times \text{Cantidad (GP)}$$

$$E = 106.10 \times 214.7 + 58.20 \times 1,337.3 + 55.08 \times 238.0 = \text{US\$ } 113719.57$$

- **Ganancia**

$$G = I - E = 6546.01 \text{ US\$/Día}$$

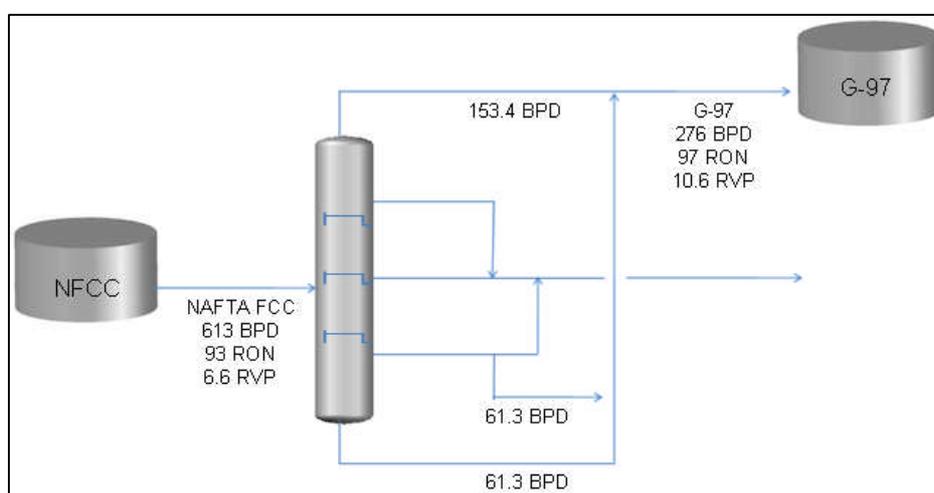
### 6.3. Escenario Proyectado

- **Formulación de gasolina de 97 RON**

**Tabla 6.6 Gasolinas base para la formulación de Gasolina de 97 RON**

Gasolina		Cantidad (Bbl)		Octanaje	Precio (US\$/Bbl.)
NFCC	NFCC 97 RON	613	276	93	58.20
	NFCC 90 RON				

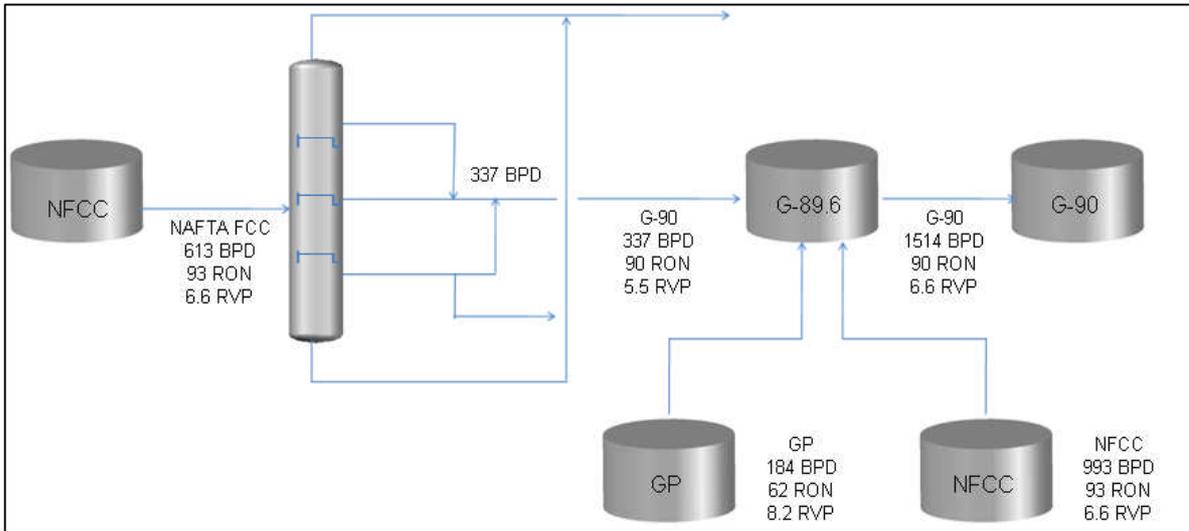
**Figura N° 6.3 Formulación de Gasolina de 97 RON**



**Tabla 6.7 Gasolinas base para la formulación de G-97**

Gasolina		Cantidad (Bbl)		Octanaje	Precio (US\$/Bbl.)
GP		184		62	55.08
NFCC		993		93	58.20
NFCC	NFCC 97 RON	613			
	NFCC 90 RON		337	90	64.87

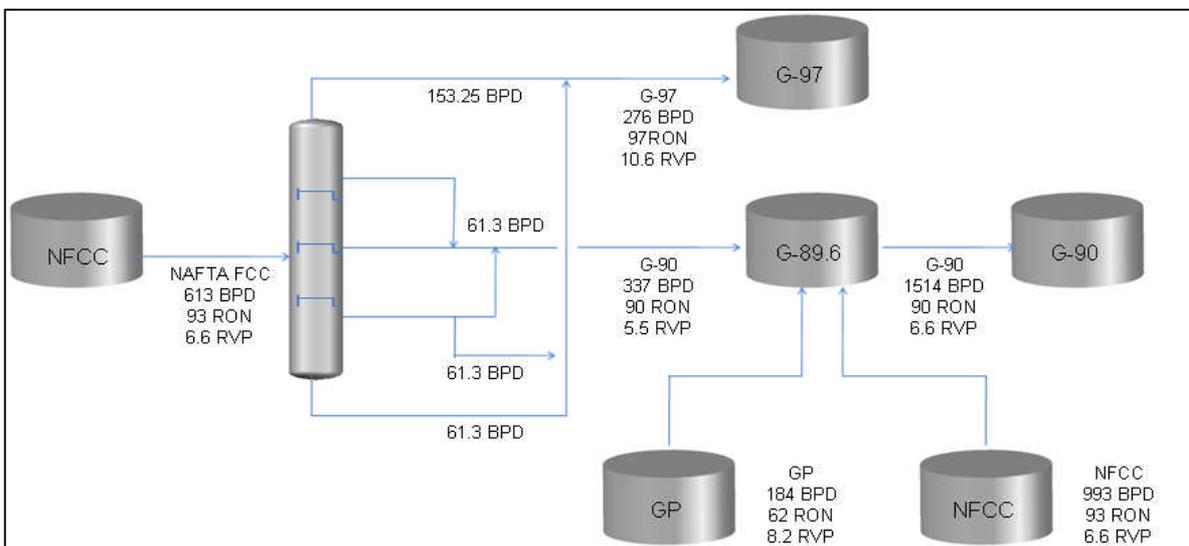
**Figura N° 6.4 Formulación de Gasolina de 90 RON**



**Tabla 6.8 Gasolinas base para la formulación de Gasolina de 97 RON y Gasolina de 90 RON**

Gasolina		Cantidad (Bbl)		Octanaje	Precio (US\$/Bbl.)
GP		184		62	55.08
NFCC		993		93	58.20
NFCC	NFCC 97 RON	613	276	97	79.90
	NFCC 90 RON		337	90	64.87

**Figura N° 6.5 Formulación de Gasolina de 97 y Gasolina de 90 RON**



## **Determinación de la Rentabilidad Proyectada**

- **Ingresos**

$$I = \text{Precio} \times \text{Cantidad (G-97)} + \text{Precio} \times \text{Cantidad (G-90)}$$

$$I = 79.90 \times 276 + 64.87 \times 1514 = \text{US\$ } 120265.58$$

- **Egresos**

$$E = \text{Precio} \times \text{Cantidad (NFCC)} + \text{Precio} \times \text{Cantidad (GP)}$$

$$E = 58.20 \times 1606 + 55.08 \times 184 = \text{US\$ } 103603.92$$

- **Ganancia**

$$G = I - E = 19655.05 \text{ US\$/Día}$$

Las ganancias obtenidas en los escenarios actual y proyectado corresponden al margen global que se genera por la venta total (demanda) de las gasolinas G-97 y G-90.

## CONCLUSIONES

- El reemplazo de una gasolina de alto octanaje de importación (98 RON) por un volumen obtenido de la Nafta de la Unidad de Craqueo Catalítico (93 RON) de Refinería Talara, fraccionado en la UDP de Refinería Conchán para obtener una gasolina de 97 RON y otra de 90 RON, es más rentable que el esquema convencional actual.
- Actualmente la formulación de gasolina de 97 RON (276 BPD) se realiza mediante la mezcla de 214.7 BPD de HOGBS y 61.3 BPD de NFCC. La HOGBS que se importa más la NFCC de Refinería Talara sirven para preparar 276 BPD de G-97 que comercializa Refinería Conchán. En adición 1276 BPD de NFCC más 238 BPD de GP sirve para preparar 1514 BPD de G-90.
- Se concluye que fraccionando la NFCC de 93 RON en gasolina de 97 RON y otra de 90 RON se pueden reformular nuevos volúmenes de mezcla para producir los mismos requerimientos de gasolinas comerciales sin la gasolina de alto octanaje importada.
- Según los cálculos realizados, un volumen de 1606 BPD de NFCC sustituye 214.7 BPD de HOGBS y 1337.3 BPD de NFCC. Volumétricamente, con un volumen adicional de 268.7 BPD de NFCC se reemplaza la importación de 214.7 BPD de HOGBS; adicionalmente se obtiene un ahorro en 54 BPD de gasolina primaria, requerido para la formulación de gasolina de 84 RON.
- Se ha determinado que el fraccionamiento de la NFCC produce un ingreso adicional de 220000.00 US\$/Año, debido al ahorro del aditivo elevador de octanaje MMT.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el procesamiento de la Nafta de la Unidad de Craqueo Catalítico en la Unidad de destilación Primaria de Refinería Conchán, para la obtención de Gasolina de 97 RON.
- Se recomienda la sustitución de 213.7 BPD de gasolina de importación HOGBS y 1,330 BPD de NFCC por un volumen total de 1,606 BPD de NFCC, para cubrir la demanda de G-97 y G-90.
- Se recomienda la Operación **Gasolina 97 RON** de 5.2 días, para cubrir el consumo mensual en Planta de Ventas; de los cuales se requiere 3 días para el fraccionamiento de 6.0 MBPD de NFCC y 2.2 días para el cambio de operación de crudo a NFCC y viceversa.
- Se recomienda emplear la Gasolina 90 RON (obtenida del procesamiento), conjuntamente con Gasolina Primaria y NFCC para la formulación de Gasolina 90 RON y cubrir la demanda de este producto.
- Se recomienda el procesamiento periódico en vista del beneficio económico que representa para Refinería Conchán.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] EXXONMOBIL OIL CORPORATION, Procedimiento para la Mejora de la Calidad de los Hidrocarburos, Oficina Española de Patentes y Marcas, N° ES 2 222 589 T3, Madrid (2005).
- [2] Uriel Navarro Uribe, Procesos y Tecnología de la Refinación del Petróleo, Centro de Desarrollo Tecnológico del Gas Corporation, Bucaramanga (2005) 4-16.
- [3] W.L. Nelson, Refinación de Petróleo, Reverté, Oklahoma (1958), Tercera Edición 33-88.
- [4] Combustibles Líquidos II. Gasolinas. 27.11.2009  
<<http://www.textoscientificos.com/energia/combustibles/gasolinas>>
- [5] J. P. Wauquier, El refino del Petróleo, Instituto Francés de Petróleo, Editorial Díaz de Santos, pág. 1-90, 341-348.
- [6] Robert A. Meyers, Handbook of Petroleum Refining Processes, McGraw Hill, New York (2003), Segunda Edición 3.52-3.61.
- [7] Loseph W. Wilson, Fluid Catalitic Cracking Technology and Operations, PennWell Books, Oklahoma (1997) 6-9.
- [8] J. H. Gary & G. E. Handwerk & M. J. Kaiser, Pretroleum Refining Technology and Economics, CRC Press, New York (2004) 207, 214-215.
- [9] J. H. Gary & G. E. Handwerk & M. J. Kaiser, Pretroleum Refining Technology and Economics, CRC Press, New York (2004) 46.
- [10] J. H. Gary & G. E. Handwerk & M. J. Kaiser, Pretroleum Refining Technology and Economics, CRC Press, New York (2004) 220-222.
- [11] P. Wuithier, El Petróleo Refino y Tratamiento Químico, Ediciones CEPESA, Madrid (1971) 3-12.

- [12] Standard Test Method ASTM for Vapor Pressure of Petroleum Products (Reid Method), pág. 1, Designation D 323 99a.
- [13] Standard Test Method ASTM for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure, pág. 1-3, Designation D 86 – 08a.
- [14] P. Wuithier, El Petróleo Refino y Tratamiento Químico, Ediciones CEPESA, Madrid (1971) 15-19.
- [15] Teorema Ambiental, El MTBE y los Acuíferos. 27.11.2009  
<<http://quimorg6.blogspot.com/2008/11/sisntesis-de-aditivosestbe-y-mtbe.html>>
- [16] J. H. Gary & G. E. Handwerk & M. J. Kaiser, Petroleum Refining Technology and Economics, CRC Press, New York (2004) 257-262.
- [17] Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Potencial Contaminación por Cromo en el Proceso de Refinación de Petróleo. 27.11.2009.  
<[http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/monografias/ingenie/jacinto\\_shcap1.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/monografias/ingenie/jacinto_shcap1.pdf)>
- [18] Ministerio de Energía y Minas, Situación Actual y Perspectivas de los Biocombustibles en el Perú (Diciembre 2007). 27.11.2009.  
<[http://www.comunidadandina.org/desarrollo/biocombustibles\\_peru.pdf](http://www.comunidadandina.org/desarrollo/biocombustibles_peru.pdf)>
- [19] Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería-OSINERGMIN, Demanda de GNV (2009). 27.11.2009.  
<[http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFGN/consumo\\_gnv.pdf](http://www.osinerg.gob.pe/newweb/uploads/GFGN/consumo_gnv.pdf)>
- [20] TECHNICAL DATA BOOK PETROLEUM-REFINING Procedimiento 2B2.1, Volumen I, Cuarta Edición, 2-13

## ANEXO I

### 1. Cálculo del peso molecular de las fracciones de la Destilación TBP

Se empleará el procedimiento 2B2.1, Pág. 2-13, Technical Data Book-Petroleum Refining <sup>[20]</sup>,

$$M = 2.0438 \times 10^2 \exp(0.00218T) \exp(-3.07S) T^{0.118} S^{1.88}$$

Donde:

$M$  = peso molecular de la fracción de petróleo

$T$  = punto de ebullición promedio de la fracción de petróleo (grados Rankine)

$S$  = gravedad específica a 60° F

Determinación de T (VABP)

$$VABP = \frac{T_{10} + T_{30} + T_{50} + T_{70} + T_{90}}{5}$$

$$pendiente = \frac{T_{90} - T_{10}}{90 - 10}$$

Base de cálculo, Destilación ASTM D-86 Corte 1

$$Sp.Gr = \frac{141.5}{131.5 + 81.1} = 0.666$$

$$VABP = \frac{98.6 + 102.2 + 105.8 + 11.2 + 136.4}{5} = 110.84$$

$$pendiente = \frac{136.4 - 98.6}{90 - 10} = 0.47$$

$$MABP = 110.84 - 27 = 83.84 \Rightarrow 83.84 + 460 = 543.84^\circ R$$

$$M = 2.0438 \times 10^2 \exp(0.00218 \times 543.84) \exp(-3.07 \times 0.666) 543.84^{0.118} 0.666^{1.88} = 84.98 \text{ g / mol}$$

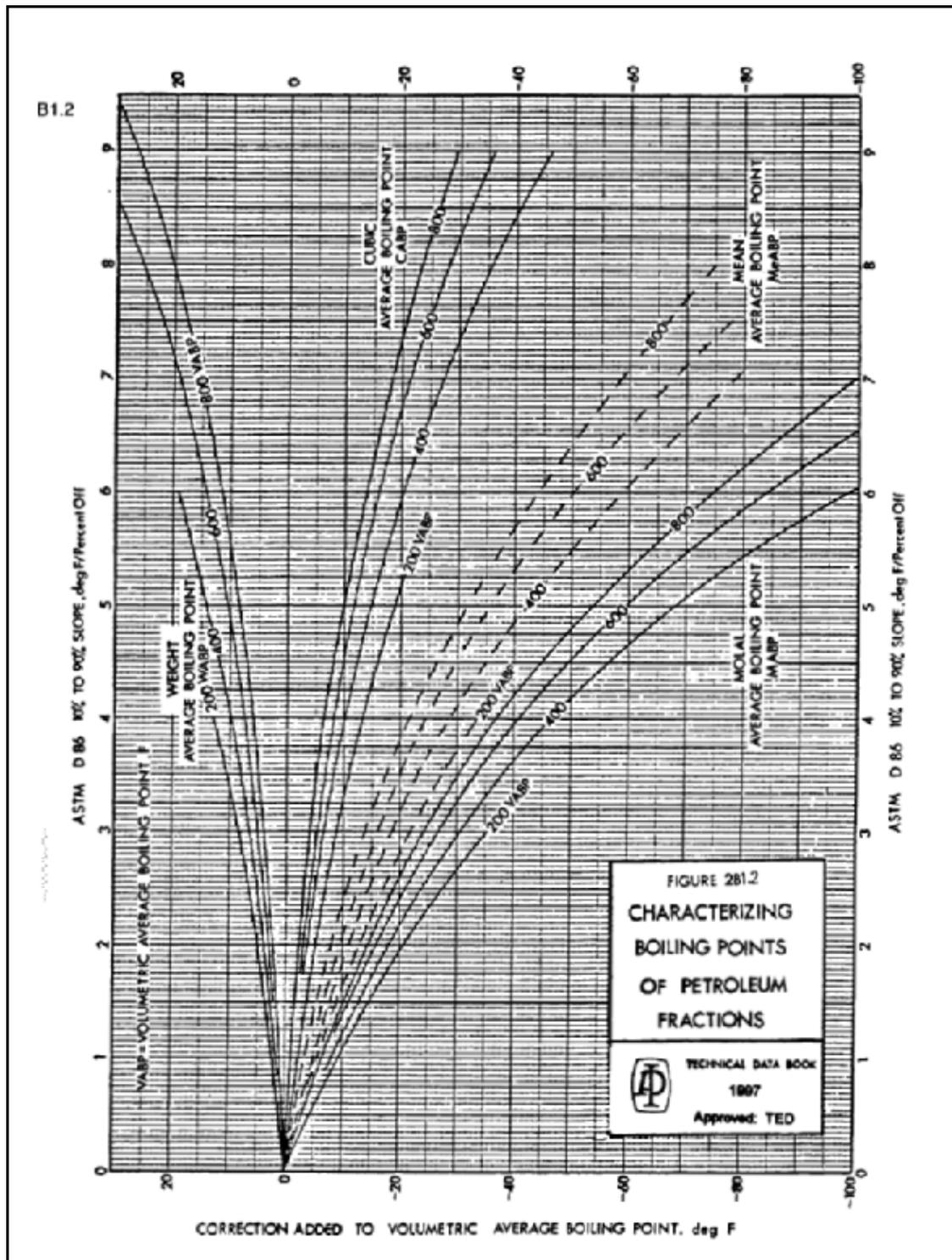
## 2. Determinación del número de moles por barril de cada fracción

$$n_1 = \frac{W_1}{\bar{M}_1} = \frac{\rho_1 \times V_1}{\bar{M}_1} = \frac{0.666 \times 42 \times 3.785}{84.98} = 1.246 \text{ Kmol}$$

Peso de un barril de corte N° 1

$$W_1 = 0.666 \times 42 \times 3.785 = 105.87 \text{ Kg}$$

Figura N° 5.2 Factores de corrección del peso molecular, según procedimiento del Technical Data book-Petroleum Refining



## ANEXO II. TABLA DE RBN

**Tabla 5.3 Índice RBN para blending de gasolinas**

(Reproducido bajo el permiso de la Refinería Conchán)

RESEARCH OCTANE NUMBER										
R.O.N.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
11	39,4	39,4	39,4	39,5	39,5	39,5	39,6	39,6	39,6	39,6
12	39,7	39,7	39,7	39,7	39,8	39,8	39,8	39,8	39,9	39,9
13	38,9	38,9	40	40	40	40	40,1	40,1	40,1	40,1
14	40,2	40,2	40,2	40,2	40,3	40,3	40,3	40,3	40,4	40,4
15	40,4	40,4	40,5	40,5	40,5	40,6	40,6	40,6	40,6	40,7
16	40,7	40,7	40,7	40,8	40,8	40,8	40,8	40,9	40,9	40,9
17	40,9	41	41	41	41	41,1	41,1	41,1	41,1	41,2
18	41,2	41,2	41,2	41,3	41,3	41,3	41,3	41,4	41,4	41,4
19	41,5	41,5	41,5	41,5	41,6	41,6	41,6	41,6	41,7	41,7
20	41,7	41,7	41,8	41,8	41,8	41,8	41,9	41,9	41,9	41,9
21	42	42	42	42	42,1	42,1	42,1	42,2	42,2	42,2
22	42,2	42,3	42,3	42,3	42,3	42,4	42,4	42,4	42,4	42,5
23	42,5	42,5	42,5	42,6	42,6	42,6	42,6	42,7	42,7	42,7
24	42,7	42,8	42,8	42,8	42,9	42,9	42,9	42,9	43	43
25	43	43	43,1	43,1	43,1	43,1	43,1	43,2	43,2	43,2
26	43,2	43,3	43,3	43,3	43,3	43,4	43,4	43,4	43,4	43,5
27	43,5	43,5	43,5	43,6	43,6	43,6	43,7	43,7	43,7	43,7
28	43,8	43,8	43,8	43,8	43,9	43,9	43,9	44	44	44
29	44	44,1	44,1	44,1	44,1	44,2	44,2	44,2	44,2	44,3
30	44,3	44,3	44,3	44,4	44,4	44,4	44,5	44,5	44,5	44,5
31	44,6	44,6	44,6	44,6	44,7	44,7	44,7	44,8	44,8	44,8
32	44,8	44,9	44,9	44,9	44,9	45	45	45	45	45,1
33	45,1	45,1	45,1	45,2	45,2	45,2	45,2	45,3	45,3	45,3
34	45,4	45,4	45,4	45,4	45,5	45,5	45,5	45,5	45,6	45,6
35	45,6	45,6	45,7	45,7	45,7	45,8	45,8	45,8	45,8	45,9
36	45,9	45,9	45,9	46	46	46	46,1	46,1	46,1	46,1
37	46,2	46,2	46,2	46,2	46,3	46,3	46,3	46,3	46,4	46,4
38	46,4	46,5	46,5	46,5	46,5	46,6	46,6	46,6	46,6	46,7
39	46,7	46,7	46,7	46,8	46,8	46,8	46,9	46,9	46,9	46,9
40	47	47	47	47	47,1	47,1	47,1	47,2	47,2	47,2

RESEARCH OCTANE NUMBER										
R.O.N.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
41	47,2	47,3	47,3	47,3	47,3	47,4	47,4	47,4	47,4	47,5
42	47,5	47,5	47,6	47,6	47,6	47,6	47,7	47,7	47,7	47,7
43	47,8	47,8	47,8	47,8	47,9	47,9	47,9	48	48	48
44	48	48,1	48,1	48,1	48,1	48,2	48,2	48,2	48,2	48,3
45	48,3	48,3	48,3	48,4	48,4	48,4	48,4	48,5	48,5	48,5
46	48,6	48,6	48,6	48,6	48,7	48,7	48,7	48,7	48,8	48,8
47	48,8	48,9	48,9	48,9	48,9	49	49	49	49	49,1
48	49,1	49,1	49,1	49,2	49,2	49,2	49,2	49,3	49,3	49,3
49	49,3	49,4	49,4	49,4	49,4	49,5	49,5	49,5	49,6	49,6
50	49,6	49,6	49,7	49,7	49,7	49,7	49,8	49,8	49,8	49,8
51	49,9	49,9	49,9	49,9	50	50	50	50	50	50,1
52	50,1	50,1	50,1	50,2	50,2	50,2	50,2	50,3	50,3	50,3
53	50,3	50,4	50,4	50,4	50,4	50,5	50,5	50,5	50,5	50,5
54	50,6	50,6	50,6	50,6	50,7	50,7	50,7	50,7	50,8	50,8
55	50,8	50,8	50,9	50,9	50,9	50,9	50,9	51	51	51
56	51	51,1	51,1	51,1	51,1	51,2	51,2	51,2	51,2	51,3
57	51,3	51,3	51,3	51,3	51,4	51,4	51,4	51,4	51,5	51,5
58	51,5	51,5	51,6	51,6	51,6	51,6	51,7	51,7	51,7	51,7
59	51,7	51,8	51,8	51,8	51,8	51,8	51,9	51,9	51,9	51,9
60	52	52	52	52	52	52,1	52,1	52,1	52,1	52,1
61	52,2	52,2	52,2	52,2	52,3	52,3	52,3	52,3	52,4	52,4
62	52,4	52,4	52,4	52,5	52,5	52,5	52,5	52,6	52,6	52,6
63	52,6	52,7	52,7	52,7	52,7	52,8	52,8	52,8	52,8	52,9
64	52,9	52,9	52,9	52,9	53	53	53	53	53,1	53,1
65	53,1	53,1	53,1	53,2	53,2	53,2	53,2	53,3	53,3	53,3
66	53,3	53,4	53,4	53,4	53,4	53,5	53,5	53,5	53,6	53,6
67	53,6	53,6	53,7	53,7	53,7	53,7	53,8	53,8	53,8	53,8
68	53,9	53,9	53,9	53,9	54	54	54	54	54,1	54,1
69	54,1	54,1	54,2	54,2	54,2	54,2	54,3	54,3	54,3	54,3
70	54,4	54,4	54,4	54,5	54,5	54,5	54,6	54,6	54,6	54,6
71	54,7	54,7	54,7	54,8	54,8	54,8	54,8	54,9	54,9	54,9
72	55	55	55	55	55,1	55,1	55,1	55,1	55,2	55,2
73	55,2	55,3	55,3	55,3	55,3	55,4	55,4	55,4	55,5	55,5
74	55,5	55,6	55,6	55,6	55,7	55,7	55,7	55,8	55,8	55,8
75	55,9	55,9	55,9	55,9	56	56	56	56,1	56,1	56,1
76	56,1	56,2	56,2	56,2	56,3	56,3	56,3	56,4	56,4	56,5
77	56,5	56,5	56,6	56,6	56,6	56,7	56,7	56,7	56,8	56,8
78	56,8	56,9	56,9	56,9	57	57	57	57,1	57,1	57,1
79	57,2	57,2	57,2	57,3	57,3	57,3	57,4	57,4	57,5	57,5
80	57,5	57,6	57,6	57,6	57,7	57,7	57,8	57,8	57,8	57,9

RESEARCH OCTANE NUMBER										
R.O.N.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
81	57,9	57,9	58	58	58,1	58,1	58,1	58,2	58,2	58,3
82	58,3	58,3	58,4	58,4	58,5	58,5	58,5	58,6	58,6	58,7
83	58,7	58,7	58,8	58,8	58,9	58,9	59	59	59	59,1
84	59,1	59,2	59,2	59,3	59,3	59,4	59,4	59,5	59,5	59,5
85	59,6	59,6	59,7	59,7	59,8	59,8	59,9	59,9	60	60
86	60	60,1	60,1	60,2	60,2	60,3	60,3	60,4	60,4	60,5
87	60,5	60,6	60,6	60,7	60,7	60,8	60,8	60,9	60,9	61
88	61	61,1	61,1	61,2	61,2	61,3	61,3	61,4	61,4	61,5
89	61,5	61,6	61,6	61,7	61,7	61,8	61,8	61,9	62	62
90	62,1	62,2	62,2	62,3	62,4	62,4	62,5	62,5	62,6	62,6
91	62,7	62,7	62,8	62,9	62,9	63	63	63,7	63,1	63,2
92	63,3	63,3	63,4	63,5	63,5	63,6	63,7	63,7	63,8	63,9
93	63,9	64	64,1	64,2	64,3	64,3	64,4	64,5	64,6	64,6
94	64,7	64,8	64,9	65	65	65,1	65,2	65,3	65,4	65,5
95	65,5	65,6	65,7	65,8	65,9	66	66	66,1	66,2	66,3
96	66,4	66,5	66,6	66,7	66,8	66,9	67	67,1	67,2	67,3
97	67,4	67,5	67,6	67,7	67,8	67,9	68	68,1	68,2	68,3
98	68,4	68,5	68,6	68,7	68,8	68,9	69	69,1	69,2	69,3
99	69,5	69,6	69,7	69,8	69,9	70	70,1	70,2	70,4	70,5

### ANEXO III. OCTANAJES DE LAS FRACCIONES OBTENIDAS POR DESTILACIÓN HEMPEL Y TBP

**Tabla N° 5. 4 Distribución del rango de destilación Hempel de la NFCC, 29.10.2000** (Reproducido bajo el permiso de la Refinería Conchán)

CARACTERÍSTICAS	CORTE 1 (PIE - 60° C) (0% V - 30% V)	CORTE 2 (60° C - 136° C) (30% V - 65% V)	CORTE 3 (136° C - 203° C) (65% V - 90% V)	CORTE 4 (203 - 220° C) (90% V - 100% V)	NAFTA FCC BASE	ESPECIFICACIONES GASOLINAS MOTOR	
						MÍNIMO	MÁXIMO
Gravedad API @ 15,6° C	81.1 (28° F)	61.7	41.5	32.9	59.9		
N° de Octano Research	98.3	86.9	93	98.1	93		
Presión de Vapor Reid, psi		> 15	5.5				
Punto de Inflamación, ° C		< 2	15	49			
Viscosidad @ 37,8° C, cSt			0.660	0.950			
Viscosidad @ 50° C, cSt			0.596	0.804			
Gomas Existentes, mg/100 ml			5.0	105	2.0		
Destilación, ° C							
PIE	26						
5% Recuperado	39						
10% Recuperado	43.5						
20% Recuperado	50						
30% Recuperado	60						
40% Recuperado		74					
50% Recuperado		93					
60% Recuperado		111					
70% Recuperado		121					
80% Recuperado			131				
90% Recuperado			149				
95% Recuperado			168				
PFE				195			

**Tabla N° 5. 5 Distribución del rango de destilación TBP de la NFCC, Talara, 29.10.2000** (Reproducido bajo el permiso de la Refinería

Conchán)

CARACTERÍSTICAS	CORTE 1 (PIE - 60° C) (0% V - 30% V)	CORTE 2 (60° C - 136° C) (30% V - 65% V)	CORTE 3 (136° C - 203° C) (65% V - 90% V)	CORTE 4 (203 - 220° C) (90% V - 100% V)	NAFTA FCC BASE	ESPECIFICACIONES GASOLINAS MOTOR	
						MÍNIMO	MÁXIMO
Gravedad API @ 15,6° C	84,5	54,2	34,7	22,9	55,5		
N° de Octano Research	94,8	88,8	96,0	99,0	99,3		
Presión de Vapor Reid, psi	14,6	2,4	0,8	-	6,6		9,9
Punto de Inflamación, ° C	-	-	-	25	-		
Viscosidad @ 37,8° C, cSt	-	-	0,85	1,86	-		
Viscosidad @ 50° C, cSt	-	-	0,74	1,43	-		
Gomas Existentes, mg/100 ml	5,7	2,4	3,5	-	-		5,0
Destilación, ° C							
PIE	33	75	146	99	40		
5% Recuperado	36	85	150	160	50		
10% Recuperado	37	88	154	208	54		70
20% Recuperado	38	91	157	210	63		
30% Recuperado	39	94	160	211	72		
40% Recuperado	40	99,0	162	213	84		
50% Recuperado	41	102	165	217	102	77	118
60% Recuperado	42	107	168	218	121		
70% Recuperado	44	112	172	220	142		
80% Recuperado	50	116	177	222	162		
90% Recuperado	58	127	183	228	185		190
95% Recuperado	64	132	189	238	200		
PFE	69	139	198	250	219		225

## ANEXO IV. GLOSARIO Y DEFINICIONES

- API:** American Petroleum Institute; organización americana creadora de estándares para ensayos de productos derivados del petróleo. Gravedad API, magnitud empleada para medir la gravedad específica del petróleo y sus derivados.  
Gravedad API se emplea como medida inversa del peso específico.
- Bé:** Unidad de concentración, comúnmente empleada para medir la cantidad de soda cáustica en una solución acuosa.
- BPD:** Barriles por día.
- BWG:** Medida del espesor de pared de la tubería utilizada.
- COE:** Crudo Oriental Ecuatoriano.
- Duty:** En equipos de transferencia de calor, este término indica el calor aportado, retirado o transferido por un determinado equipo.
- DPIC:** Differential pressure indicator control, término empleado en el control de los procesos, indica por sus iniciales en inglés controlador indicador de presión diferencial.
- FIC:** Flow Indicator Control, término empleado en el control de los procesos, indica por sus iniciales en inglés controlador indicador de flujo.
- ft:** Feet, unidad inglesa de longitud, cuyo equivalente en metros es 0.3048.
- FODA:** Acrónimo formado por las iniciales de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.
- FT:** Flow Transmitter, término empleado en el control de los procesos, indica por sus iniciales en inglés transmisor de flujo.
- GAO:** Gasolina de alto octano, obtenida a través de procesos de reformación catalítica. Tiene octanajes de 98 a 99 RON.

- GLP: Gas licuado de petróleo, gas conformado por propano y butano.
- GNV: Gas natural vehicular, gas conformado por metano y etano.
- GP: Gasolina Primaria, extraída por el tope de las Unidades de Destilación Primaria; es la primera fracción que se extrae del petróleo.
- HAS: Hidrocarburo alicíclico saturado, obtenido en Refinería Pucallpa. Es una gasolina natural, la cual, por su alto contenido de hidrocarburos alicíclicos saturados, se la designa como gasolina HAS.
- HOGBS: High Octane Gasoline Blending Store, gasolina de alto octano (98 a 99 RON), obtenida a través del blending de nafta reformada, alquilatos, compuestos aromáticos, etc. Es importada para la preparación de gasolinas de 95 y 97 octanos.
- HP: Por sus iniciales en inglés horse power, indica la unidad de potencia empleada.
- LIC: Término empleado en el control de los procesos, indica por sus iniciales en inglés (level indicator control), controlador indicador de nivel.
- Material de Corte: Producto de refinería, constituido por Solvente MC, Kerosene o Diesel, el cual se adiciona a la producción de Fondos de Vacío y en algunos casos al Crudo Reducido para la preparación de combustibles residuales.
- MANIFOLD: Tubería empleada como punto de convergencia de varias tuberías.
- MBPD: Miles de barriles por día.
- MMT: Tricarbonilo de Magnesio Metil Ciclopentadienilo, aditivo empleado para elevar el octanaje de las gasolinas.
- MTBE: Metil, terc-butyl éter, compuesto empleado para elevar el octanaje de las gasolinas.
- NFCC: Nafta proveniente de la Unidad Craqueo Catalítico Fluidizado.
- PBI: Producto bruto interno.
- Peróxido: Compuesto químico que se caracteriza por poseer dos átomos de oxígeno unidos el uno al otro por un enlace simple.

- PIC:** Término empleado en el control de los procesos, indica por sus iniciales en inglés (pressure indicator control), controlador indicador de presión.
- Quench:** En la industria en general, el término es empleado para referirse a sistema de enfriamiento, y en la industria del petróleo en particular, parte de la corriente de salida de un determinado producto es retornado para disminuir la temperatura de dicha corriente.
- RBN:** Research Blending Number, Índice de mezcla lineal, empleado para determinar el octanaje de una mezcla de gasolinas de diferente octano.
- RMN:** Iniciales de Resonancia Magnética Nuclear.
- RFCO:** Término empleado por Petroperú S.A. para referirse a la Refinería Conchán.
- RON:** Research Octane Number, indica el número de octanaje de una gasolina.
- RVP:** Reid Vapor Pressure, siglas en inglés de Presión de Vapor Reid.
- SARA:** Término formado por las iniciales las siguientes palabras: saturados, aromáticos, resinas y asfaltenos.
- Slop:** Término empleado para indicar que se trata de productos contaminados o con lodos u otros.
- Solvente MC:** Segunda fracción que se obtiene por destilación atmosférica de petróleo.
- STRIPPER:** Despojador, Agotador, equipo empleado para la separación de componentes livianos de un determinado producto, mediante el uso de vapor de agua.
- TBP:** True boiling point, Punto de ebullición verdadero.
- TIC:** Temperature Indicator Control, término empleado en el control de los procesos, indica por sus iniciales en inglés, controlador indicador de temperatura.
- UDP:** Unidad de Destilación Primaria.
- UDV:** Unidad de Destilación al Vacío.
- UFCC:** Iniciales de Unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado.