

# CAPITULO II

## ESPECIFICACIONES TECNICAS APLICADAS EN CRUDOS

## 2.1. NORMAS INTERNACIONALES APLICADAS A DERIVADOS DE PETRÓLEO

Las normas internacionales sobre petróleos, rigen para todos los países productores y exportadores de petróleo sin excepción. Algunas referencias a la obtención de productos de petróleo con procesos de refinación se detallan más adelante.

Las normas se basan en: el tipo de producto que se obtiene a partir del crudo, sus cuidados, sus límites y su uso correcto. Los aspectos que se mencionan en las normas se refieren a:

- a) Los productos orgánicos de constitución química definida
- b) Las mezclas de hidrocarburos no saturados,
- c) Desechos de aceites de petróleo o de mineral bituminoso.
- d) Derrame o lavado de depósitos de almacenamiento de crudo
- e) Compuestos volátiles en el crudo.
- f) Gas de petróleo y demás hidrocarburos gaseosos.
- g) Tratamiento de residuos

A continuación se detallan las especificaciones que rigen sobre las gasolinas en diferentes países.

### ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN LAS GASOLINAS ACTUALES

REGION	Octanaje	Aromáticos	Benceno	Azufre (ppm)
Ecuador	80	20	1	2000
	89	30	2	2000
USA (California)	93 – 99	25	1	130
Unión Europea	95	42	1	150
América Lat. y el Caribe	95	45	2,5	1500
Alemania	98	38	2	
España	96	35	3	

Tabla 2.1. Detalle de especificaciones en las gasolinas

## 2.2. Normas del INEN para los derivados en el Ecuador

Estas normas se basan en la “Ley de Regulación de la Producción y la Comercialización de Combustibles en el Ecuador”.

Como ejemplo podemos citar a la gasolina super que se comercializa en el Ecuador: Podemos decir antes que la gasolina es un producto derivado del petróleo, que básicamente consta de una mezcla de hidrocarburos relativamente volátiles, libre de agua, material sólido en suspensión, destinada a ser utilizada como combustible para motores, combustión interna de encendido por chispa.

### 2.2.1. Normas INEN para la gasolina de 89 octanos.

REQUISITOS	UNIDAD	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉTODO DE ENSAYO
Número de octano	RON		89 --	NTE INEN 2 102
Ensayo de destilación :				
10%	C	--		70 NTE INEN 926
50%	C		77	121 NTE INEN 926
90%	C	--		190 NTE INEN 926
Punto final	C	--		220 NTE INEN 926
Residuo	% en V	--		2 NTE INEN 926
Relación de vapor líquido a 60 0 C	--	--		20 NTE INEN 932
Presión de vapor Reid	kPa	--		56 NTE INEN 928
Corrosión a la lámina de cobre	--	--	No. 1	NTE INEN 927
Contenido de gomas	mg/100 cm <sup>3</sup>	--		5 NTE INEN 933
Contenido de azufre	% en peso	--		0,2 NTE INEN 929
Contenido de plomo(orgánico)	g/l	--		0,013 NTE INEN 931
Contenido de aromáticos	% en V	--		30,00 NTE INEN 2220
Contenido de benceno	% en V	--		2,00 NTE INEN 2220
Contenido de olefinas	% en V	--		25,00 NTE INEN 2220
Estabilidad a la oxidación	min		240 --	NTE INEN 994

**Tabla 2.2.** Normas INEN para gasolina de 89 octanos

En el Ecuador la gasolina para motores de combustión interna se clasifica en dos tipos:

80 octanos(RON), que es la gasolina extra

89 octanos (RON), que es la gasolina super

Así mismo, se tiene las Normas INEN para todos los derivados del petróleo que se comercializan tanto a nivel nacional como internacional. Ver anexo D (Normas INEN aplicadas al crudo ecuatoriano).

### **2.3. Ecuaciones usadas para determinar propiedades físicas y químicas de los derivados del petróleo**

Algunas propiedades que no pueden determinarse en laboratorio o son difíciles de llevarse a cabo se calculan mediante expresiones determinadas experimentalmente o a veces se trata de relaciones empíricas pero que han sido aceptadas en el campo del petróleo porque han dado resultados aceptables en cuanto a la exactitud y precisión.

#### **2.3.1. Propiedades Físicas y Químicas a Considerar para los derivados del Petróleo**

##### **Corte C5 – 90 °C (Nafta liviana)**

- Número de Octano
- RVP

##### **Corte: 90 – 160 °C (Nafta pesada)**

- Azufre
- Aromáticos
- Naftalenos

##### **Corte: 160 – 240 °C (jet o kerosene)**

- Azufre
- Punto de Humo
- Punto de Congelamiento
- Punto de Inflamación

##### **Corte: 240 –360 °C (diesel 2)**

- Índice de Cetano
- Azufre

- Punto de nube
- Punto de escurrimiento
- Punto de Inflamación

**Corte: Residuo Atmosférico**

- Azufre
- Punto de escurrimiento
- Viscosidad
- Punto de Inflamación

**2.3.2. Relaciones comúnmente usadas para determinar ciertas propiedades de derivados.**

Aunque se revisó en el anterior capítulo algunas propiedades de los derivados; aquí se consideran las más importantes, con sus respectivas unidades de medida y su reacción en los diferentes derivados.

**Presión de Vapor Reid (RVP).**

Es la presión ejercida por un vapor en equilibrio con su forma líquida. Se mide en una bomba a 100 °F.

**Destilación.**

Mide el porcentaje de destilado a diferentes temperaturas.

- **10 % evaporado:** Relaciona el buen encendido del motor
- **50 % evaporado:** Relaciona el manejo y la potencia
- **90 % evaporado:** Relaciona la dilución del aceite en el motor

**Relación Vapor – Líquido (V / L).**

Mide la cantidad de vapor formado a la presión atmosférica desde un volumen dado de gasolina a una temperatura específica.

- Una relación V/L de 20/1 es normalmente usado.

- La prueba ASTM D-2533 es muy difícil llevar a cabo
- La correlación para su cálculo involucra la RVP y la destilación:  

$$V/L = RVP + \%recuperado \text{ a } 158 \text{ }^\circ\text{F (70}^\circ\text{C)}$$
- La precisión del método ASTM D-2533 es determinada por examen estadístico de los resultados.

### Índice de Cetano (CIX)

Es una aproximación empírica del número de cetano basado en la gravedad API y el punto medio de ebullición.

El índice de cetano es usado como un método alternativo en la determinación de la calidad de ignición del diesel para minimizar la necesidad de una prueba de motor.

La fórmula que se usa para el cálculo del índice de cetano (ASTM D-976) tiene dos formas, dependiendo si se tiene las temperaturas en °F o °C.

#### Para °F

$$\text{CIX} = -420.34 + 0.016 \cdot \text{API}^2 + 0.192 \cdot \text{API} \cdot \text{Log}(\text{MBPF}) + 65.01 \cdot [\text{Log}(\text{MBPF})]^2 - 0.0001809 \cdot \text{MBPF}^2$$

#### Para °C

$$\text{CIX} = 454.74 - 1641.416 \cdot D + 774.74 \cdot D^2 - 0.554 \cdot \text{MBPC} + 97.803 \cdot [\text{Log}(\text{MBPC})]^2$$

Donde:

CIX = Índice de cetano

API = gravedad API

D = Densidad a 15 °C, g/ml

MBPF = Punto medio de ebullición en °F

MBPC = Punto medio de ebullición en °C

### Punto de Congelamiento (Freeze Point) (FRZ)

Es la mínima temperatura a la cual un producto derivado del petróleo (usualmente combustible de aviación o jet) puede ser usado sin solidificación de los componentes del hidrocarburo.

La solidificación es el resultado de la formación de cristales de cera

Los cristales de cera pueden obstruir las líneas de combustible.

### **Rango**

Para punto de nube y de escurrimiento altos, el rango del FRZ va desde:

-76 a 90 °F (-24 a 32 °C)

Para valores bajos de punto de nube y de escurrimiento el rango va desde:

-132 a 40 °F (-91 a 4 °C)

## **2.4. BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA RPMS PARA EVALUACIÓN DE REFINERÍAS**

El programa RPMS(Refinery and Petrochemical Modeling System) que actualmente utiliza petroindustrial para la evaluación de refinerías que permite realizar estudios, aplicando programación lineal y así modelando las instalaciones para cada sistema de operación. Los resultados generados a partir de este programa sirve para la planificación de la producción de combustibles y derivados, optimizando así la capacidad operativa de las tres refinerías que existen en el Ecuador. Ver Anexo E (Información del programa de modelamiento de Refinerías(RPMS)).

En este programa se debe incluir información de algunas actividades de refinería y también variables para construir un modelo de la refinería. Y con la ayuda de las herramientas que ofrece este programa se diseña el modelo de una refinería con las condiciones actuales de operación de la misma, así como las demandas y precios de derivados vigentes en el Ecuador. Entonces se realiza la corrida del modelo y se generan dos tipos de reportes: un ejecutivo (reporte PEEK) y un detallado (reporte BASIC); de estos reportes se extrae

información valiosa que permite encontrar la mejor manera de operar una Refinería y por tanto se obtiene los parámetros necesarios para su optimización.

### **CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA RPMS-2000 PARA LA REE**

- El RPMS-2000 es un sistema que aplica las técnicas de optimización de la programación lineal (LP) para planificar las industrias de Refinación y Petroquímica.
- El RPMS resuelve problemas inherentes a: medio ambiente, análisis de inversión, planificación de operación, administración de abastecimientos, distribución y control de desarrollo de una Refinería.
- El programa ofrece una base de datos de Refinería y unidades de proceso dinámicos.
- El sistema es muy amigable con el usuario, tiene un gran nivel de flexibilidad y aceptación de datos desde Microsoft Excel a través del módulo RPMS Data Factory.
- El RPMS genera reportes comprensibles, además permite el almacenamiento de modelos y transferencia de datos en Red.
- El RPMS permite la creación de modelos tanto en base peso como en base volumen, con la opción de reportar también en ambas bases.
- Los módulos del RPMS están escritos en un lenguaje llamado GAMMA, el cual es un lenguaje de alto nivel para la generación de matrices y reportes.

- El RPMS consiste de un número de programas llamados procesadores (15 procesadores), cuatro librerías de datos separadas y reportes de utilidades escritos básicamente.
- El RPMS tiene 3 bases de datos: de refinería, de control, y de petroquímica.
- Cada uno de los procesadores del RPMS realiza tareas específicas, y en la corrida de un modelo, estos se ejecutan en un orden establecido.
- La configuración de un modelo en el RPMS conlleva el manejo de una serie de códigos que por lo general se representan por tres o más caracteres alfa numéricos; cada uno de los códigos representa: materia prima, stock intermedio, mezcla, producto, proceso, utilidad, propiedad química, etc. Así por ejemplo la gasolina Super en el RPMS se representa por el código MUL.
- Los datos de refinería que ingresa el usuario a un modelo en el RPMS abarcan los siguientes aspectos:
  - Materia prima: disponibilidad y costo
  - Ventas de productos: volúmenes y precios
  - Procesamiento: Compras de utilidades y ventas, destilación de crudo, procesamiento de corrientes de fondos.
  - Productos mezclados: tipos de mezcla, especificaciones de calidad de los productos, recetas de mezcla, componentes de la mezcla y propiedades, opciones de combustible de refinería.
- Los datos requeridos se ingresan en el RPMS en las llamadas tablas, que están configuradas en el programa Excel de Microsoft.

- Todas las servicios auxiliares así como especificaciones de productos, ventas, propiedades de corrientes se encuentran en tablas que tienen nombres específicos dentro del RPMS.
- Obtenidos los reportes PEEK y BASIC se procede a la interpretación de resultados, para lo cual se requiere tener conocimientos de refinación, conocimiento del modelo y comprender el uso de los resultados.
- A partir de la interpretación de resultados del modelo base, se pueden crear submodelos con el fin de analizar diferentes casos como por ejemplo, influencia de otro crudo como materia prima o cambio en las especificaciones de calidad de los productos, variación de precios, etc.

## **2.5. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DE CRUDOS PARA LA REFINACIÓN**

### **2.5.1. Factores determinantes para la evaluación en mezclas de crudos**

Estos factores son tomados en cuenta para la refinación de los crudos que se ingresan a refinería. Una lista más detallada de estos factores está en el anexo A (Propiedades del petróleo).

**Destilación Atmosférica.-** Es un proceso mediante el cuál a través de calentamiento de crudo y los diferentes puntos de ebullición de los componentes del petróleo, se separa en productos primarios. Este proceso se efectúa a la presión atmosférica local. Los productos obtenidos se detallan a continuación:

– Nafta Liviana	34 - 80 °C
– Nafta Pesada	80 - 180 °C
– Jet fuel / Kero	180 - 250 °C
– Diesel	250 - 375 °C
– Crudo Reducido	375 °C +

**Destilación al vacío.-**

- La alimentación a las unidades de vacío consta de crudo reducido proveniente de las unidades de destilación atmosférica.
- La destilación se lleva a cabo a baja presión, el propósito de este proceso es destilar el gasoil, remover la brea o alquitrán, y condensar el producto de una mejor manera.
- Los productos de la unidad de vacío son:
  - Gasóleo ligero
  - Gasóleo pesado
  - Fondos de vacío
- El residuo de vacío tiene tres usos:
  - Carga a las viscoreductoras
  - Preparación de Fuel Oil
  - Preparación de Asfaltos

**Viscosidad.-** Esta propiedad está relacionada con la resistencia que presente al escurrimiento un fluido, cuanto más alta es esta resistencia mayor es la viscosidad. Es de entenderse que como el petróleo es básicamente un líquido, al presentar éste una alta resistencia (muy viscoso) su traslado desde la fuente hacia los lugares de comercialización o refinación se dificulta grandemente. Así mismo el procesamiento en una refinería de un crudo muy viscoso presentara problemas muy complejos que disminuirá el rendimiento económico de la refinería.

**Contenido de Azufre.-** El azufre presente en el petróleo forma compuestos altamente corrosivos que dañan las instalaciones ya sea de transporte de crudo o de refinación. Un crudo con demasiado azufre en la refinería producirá derivados asimismo con alto contenido de azufre, requiriéndose de procesos especiales y altamente costosos para poder disminuir este contenido de azufre hasta valores fijados por las normas INEN o normas internacionales.

**Gravedad Específica.-** La gravedad específica de un crudo viene dada por su

grado API, el cual es un factor determinante para ser tomado en cuenta como carga a una refinería. Por ejemplo, la REE está diseñada para procesar crudos de hasta 27<sup>o</sup> API como máximo y mínimo un crudo de 23<sup>o</sup> API

La RLL está diseñada para procesar crudos de mínimo 28<sup>o</sup> API.

El salirse fuera de estos rangos de gravedad específica lleva a que se dañen las instalaciones de la refinería.

**Factor k.**- El factor k o factor Kuop, es un valor que permite identificar o caracterizar el tipo de crudo en cuanto a su composición química, (base parafínica, mixta, nafténica, aromática).

$$Kuop = \frac{(Temp. Volútrica Media)^3}{SPGR(60^\circ F)}$$

La temperatura volumétrica media, es la temperatura de ebullición de un componente hipotético con características equivalente a la mezcla de hidrocarburos analizada.

K= 13 base parafínica

K= 12 base mixta

K= 11 basenafténica

K = 10 basearomática