

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO



OPTIMIZACION DE LA MEZCLA DE
LOS PETROLEOS RESIDUALES

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO PETROQUIMICO

JOSE ANTONIO ASMAT VILLANERA

PROMOCION 92-0

LIMA - PERU

1997

ÍNDICE GENERAL

I. EL PETRÓLEO

1. El Petróleo
2. Tipos de Hidrocarburos
 - 2.1 Hidrocarburos Parafínicos
 - 2.2 Hidrocarburos Olefínicos
 - 2.3 Hidrocarburos Nafténicos
 - 2.4 Hidrocarburos Aromáticos
3. Clasificación Técnico del Petróleo
 - 3.1 Los Petróleos de base Parafínico
 - 3.2 Los Petróleos de base Nafténico
 - 3.3 Los Petróleos de base Aromático
 - 3.4 Los Petróleos de base Mixta
4. Refinación del Petróleo
 - 4.1 Destilación Primaria
 - 4.2 Destilación al Vacío
 - 4.3 Craqueo Catalítico
 - 4.4 Reformación
 - 4.5 Procesos de Tratamientos
5. Caracterización de los combustibles residuales
 - 5.1 Compuestos Carbono/Hidrógeno (C/H)
 - 5.2 Compuestos Nitrogenados
 - 5.3 Compuestos Sulfurados
 - 5.4 Compuestos Oxigenados
 - 5.5 Contenido de Asfáltenos
 - 5.6 Metales
6. Propiedades Físicas
 - 6.1 Gravedad Específica (Sp-gr)
 - 6.2 Punto de Inflamación
 - 6.3 Viscosidad
 - 6.4 Punto de Fluidéz
 - 6.5 Residuo de Carbón Coradson
 - 6.6 Contenidos de Cenizas
 - 6.7 Contenidos de Agua y Sedimentos
 - 6.8 Poder Calorífico
 - 6.9 Factor de Caracterización de Watson (Koup)

7. Combustibles Industriales que Actualmente se Comercializan

7.1 Kerosene

7.2 Petróleo Diesel Nro. 2

7.3 Petróleo Industrial Nro. 4

7.4 Petróleo Industrial Nro. 5

7.5 Petróleo Industrial Nro. 6

7.6 Petróleo Industrial R500

8. Normas Peruanas Vigentes para los Combustibles Industriales

II. LA COMBUSTIÓN DE LOS RESIDUALES

1. La Combustión

2. Tipos de Combustión

2.1 Combustión Estequiométrica

2.2 Combustión Completa con Exceso de Aire

2.3 Combustión Incompleta con Exceso de Aire ó Combustión Real.

2.4 Combustión Incompleta con Deficiencia de Aire

3. Etapas de Combustión de los Petróleos Residuales

4. Etapa de Precombustión

4.1 Recepción en Planta

4.2 Almacenamiento en Tanques

4.3 Pre calentamiento para el Bombeo y la Atomización (spray) del Residual

4.4 Circuito de Transporte del Residual

5. Etapa de Combustión

5.1 La Atomización del Petróleo

5.2 Calentamiento y Gasificación

5.3 Formación de Coque y Hollín

5.4 Características de la Llama

5.4.1 Forma de la Llama

5.4.2 Color de la Llama

6. Etapa de Postcombustión

6.1 Corrosión ácida a Baja Temperatura

6.1.1 Mecanismo de la formación del ácido

6.1.2 Formas de prevenir la corrosión ácida

6.2 Formación de depósitos é Incrustaciones

6.3 Corrosión por Cenizas Fundidas o Corrosión a Alta Temperatura

7. El Uso de Aditivos

7.1 Objetivos de los Aditivos de Petróleo para la Precombustión y Combustión

7.2 Aditivos del petróleo para la Postcombustión

7.3 Criterio para la Selección de Aditivos

III CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.

1. Contaminación por los Óxidos de Azufre: Lluvia Ácida
2. Contaminación por el Monóxido de Carbono (CO)
3. Contaminación por el Dióxido de Carbono (CO₂)
4. Contaminación por los Óxidos de Nitrógeno (NO_x)
5. Contaminación por la emisión de Partículas Sólidas

IV PREPARACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES A NIVEL INDUSTRIAL

1. Formulación para la preparación de los combustibles industriales
 - 1.1 Petróleo Industrial Nro. 4
 - 1.2 Petróleo Industrial Nro. 5
 - 1.3 Petróleo Residuales de uso marino, o Marine Fuels (MF)
2. Métodos de calculo para la mezcla de combustibles según sus índices de mezcla.
 - 2.1 Índice de mezcla para el Punto de Inflamación: Tablas y ejemplos
 - 2.2 Índice de mezcla para la Viscosidad: Tablas y ejemplos.
3. Característica de una buena mezcla.
4. Otras mezclas para obtener combustibles industriales a menor costo.
 - 4.1 Resultados de Análisis en el Laboratorio.
 - 4.2 Determinación de las curvas Viscosidad vs. Temperatura
 - 4.3 Determinación de la temperatura de atomización de los combustibles
 - 4.3.1 Descripción del gráfico
 - 4.3.2 Para encontrar viscosidades a la misma temperatura
 - 4.3.3 Para encontrar viscosidad a diferentes temperaturas
 - 4.3.4 Para encontrar la temperatura correcta de atomización
 - 4.3.5 Para encontrar el limite de la temperatura de bombeo
5. Comparación de Precios.

V TÉCNICAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA COMBUSTIÓN

1. Mediante el control y registro del consumo del combustible.
2. Por la reducción del exceso de aire.
3. Disminución de la temperatura de los gases de combustión.
4. Mediante una buena regulación de la temperatura de atomización.
5. Previniendo el ensuciamiento de la boquilla del quemador.
6. Mediante el control permanente de la operación del quemador.
7. Reduciendo la formación de depósitos de hollín y cenizas en el lado de los humos.
8. Para la reducción de cenizas fundentes.

VI EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLE

1. Calculo del consumo específico de la caldera.
2. Costo de un proceso tradicional - Diesel Nro. 2
 - 2.1 Consumo de combustible
 - 2.2 Consumo de Aditivos
 - 2.3 Gastos por flete
 - 2.4 Gasto por mantenimiento preventivo.
 - 2.5 Gasto por control de calidad del combustible
3. Costo del proceso modificado - Petróleo Industrial Nro. 6
 - 3.1 Consumo de combustible
 - 3.2 Consumo de Aditivos
 - 3.3 Gastos por flete
 - 3.4 Gasto por mantenimiento preventivo.
 - 3.5 Gasto por control de calidad del combustible
4. Gasto de Inversión
 - 4.1 Asesoramiento técnico
 - 4.2 Costo de instalación y acondicionamiento del quemador
 - 4.3 Precio del Quemador
 - 4.4 Precio de la Bomba de Petróleo.
 - 4.5 Costo total de la inversión
5. Calculo del periodo de repago (Pay Back)
6. Calculo del retorno de la inversión

VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

EL PETRÓLEO

1. El Petróleo

Se define al Petróleo como una mezcla de hidrocarburos, conformado por átomos de los elementos hidrogeno (H) y carbono (C). Estos elementos se unen en variadas combinaciones químicas y en diversas proporciones, originando diferentes tipos de hidrocarburos. También, el petróleo contiene elementos como el azufre, vanadio, sodio, hierro, calcio y otros, cuya composición depende de la procedencia de los diferentes yacimientos de los cuales se extrae.

2. Tipos de Hidrocarburos

Normalmente los hidrocarburos se clasifican en

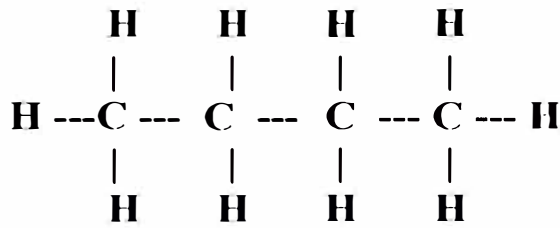
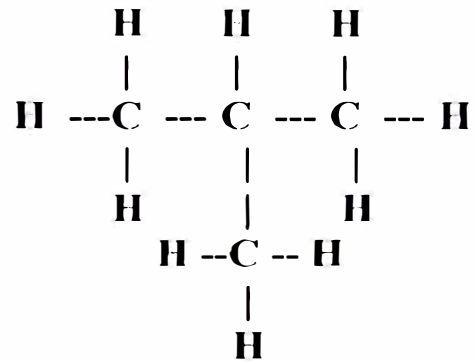
2.1 Hidrocarburos Parafinicos

Son hidrocarburos saturados en lo que los átomos de carbono forman cadenas, frecuentemente ramificados, y cuya fórmula general es $C_n H_{2n+2}$.

Los miembros de este grupo terminan en su nomenclatura en *<ano>*.

Ejemplo: Metano, Etano, Propano, butano, etc.

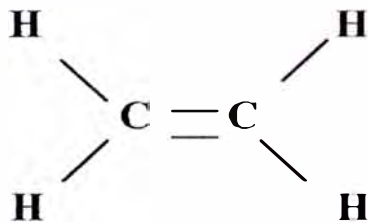
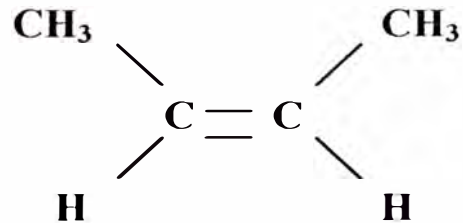
Forman isómeros a partir de 4 átomos de carbono.

**BUTANO****ISOBUTANO**

2.2 Hidrocarburos Olefínicos

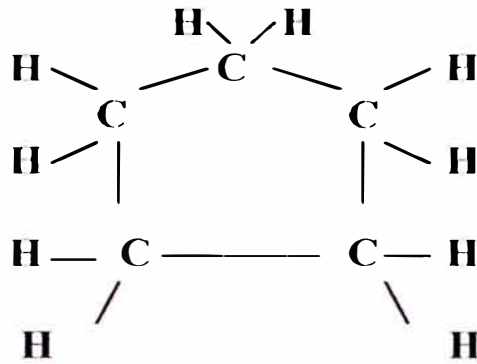
Estos hidrocarburos no se encuentran en el petróleo crudo, pero sí en las fracciones, sobre todo en aquellas que se producen por pirólisis a altas temperaturas de otros hidrocarburos, principalmente de las parafinas de cadenas laterales y de los hidrocarburos nafténicos.

Se nombran con la terminación < *eno* >

**ETENO****CIS-BUTENO**

2.3 Hidrocarburos Nafténicos

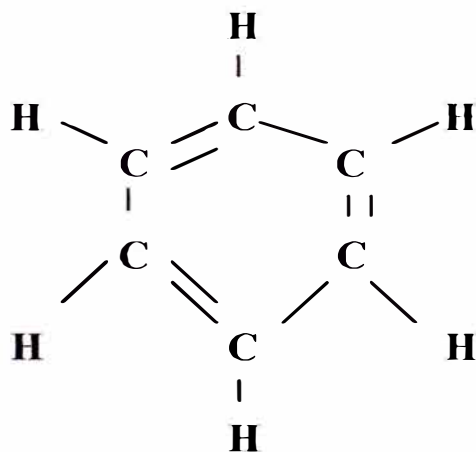
Los naftenos o cicloparafinos, son hidrocarburos saturados con fórmula general $C_n H_{2n}$ en que los átomos de carbono están unidos, formando anillos en lugar de cadenas, como en el caso de las parafinas.



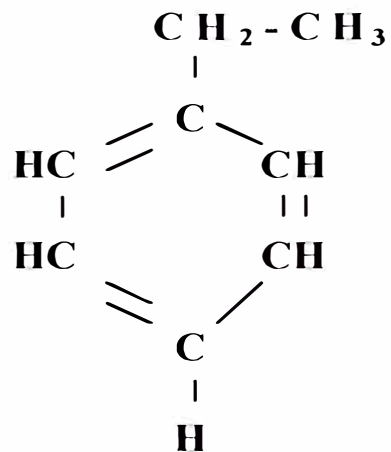
CICLOPENTANO

2.4 Hidrocarburos Aromáticos

Estos son hidrocarburos *no saturados*, en el sentido que pueden formar derivados por adición de otros átomos, todos ellos son de estructura cíclica. El más sencillo es el Benceno $\langle C_6 H_6 \rangle$ cuya reactividad permite la sustitución de sus átomos de hidrogeno por radicales, grupos ó elementos.



BENCENO



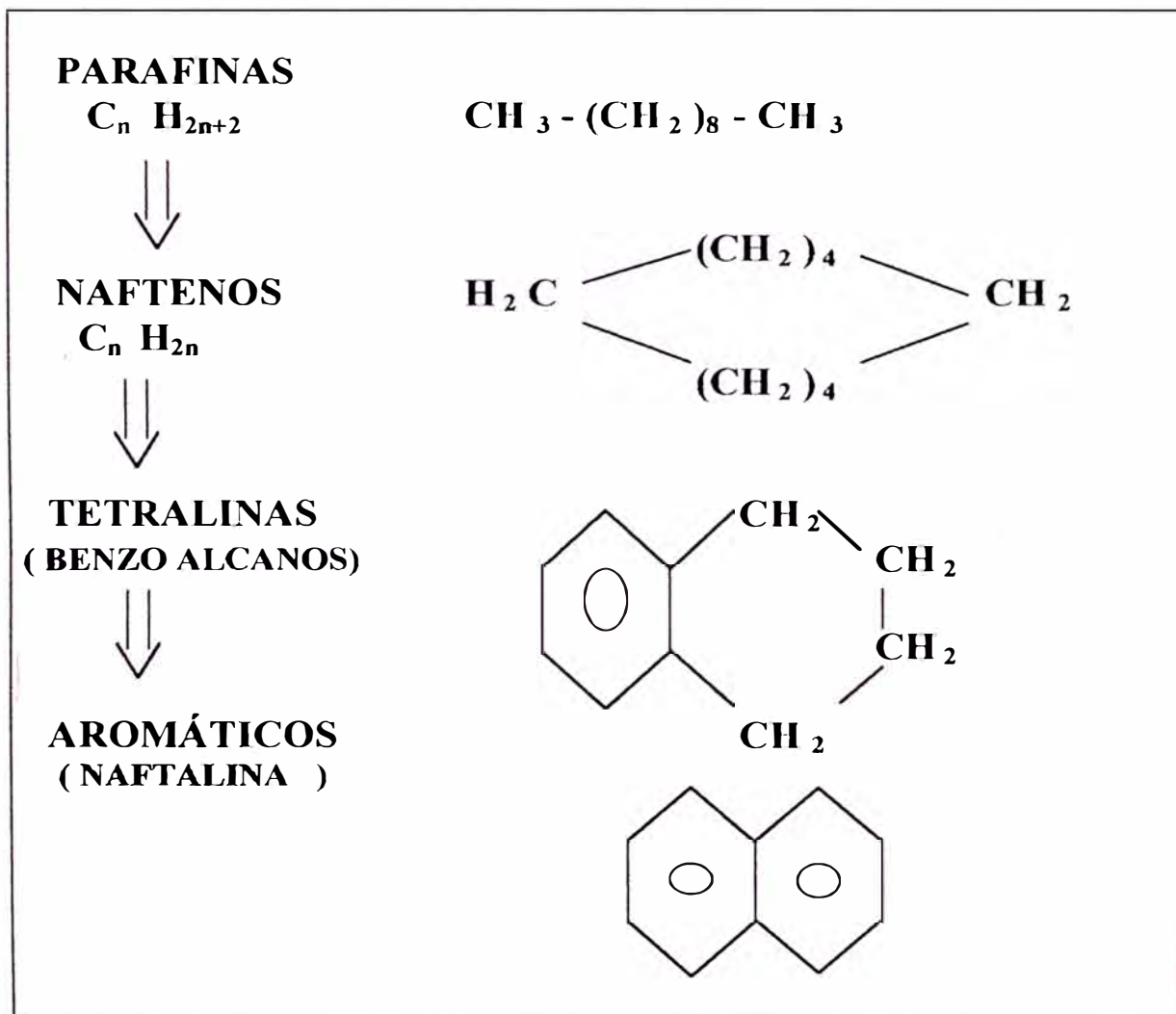
ETIL BENCENO

3. Clasificación Técnica del Petróleo

El petróleo habría estado formado casi exclusivamente por parafinas que se han degradado parcialmente a naftenos y estos a compuestos alcano aromáticos, para finalmente formar variedades de hidrocarburos aromáticos.

El Cuadro 1 representa la transformación de hidrocarburos, desde hidrocarburos parafinicos hasta hidrocarburos aromáticos.

CUADRO 1 : Transformación de Hidrocarburos



Debido a las transformaciones que sufren los hidrocarburos se ha clasificado al petróleo en:

3.1 Los Petróleos de Base Parafínica

Contienen una cantidad considerable de Hidrocarburos parafínicos (alcanos), y son especialmente apropiados para lubricantes.

3.2 Los Petróleos de Base Nafténica

Contienen una cantidad considerable de ciclo alcanos (hasta 60%) en todas fracciones.

Contienen una proporción relativamente de fracciones volátiles, y en algunos casos son tan volátiles que casi son gasolina pura. Producen buenos combustibles para motores.

3.3 Los Petróleos de Base Aromática ó Asfáltico

Tiene una estructura química sumamente compleja y se distinguen por su alta densidad. Todas las fracciones de petróleo tienen núcleos árenos. En la destilación avanzada rinden una cantidad relativamente grande de alquitrán y asfalto.

3.4 Los Petróleos de base mixta

Debemos de entender que ningún crudo es completamente nafténico, parafínico, ni aromático en su composición química. Por ejemplo un crudo parafínico mientras que sea compuesto predominantemente de hidrocarburos que lo ponen en esta clasificación, contendrá también cierta proporción de compuestos de carácter nafténico ó aromático.

4. Refinación del Petróleo

El petróleo crudo, debido a su procedencia, rara vez puede usarse directamente, a menos que sea como combustible. El mérito del crudo consiste en los muchos productos que se pueden elaborar en una refinería.

La obtención de los productos deseados se hace posible por medio de los procesos de refinación

La figura 1, muestra los productos derivados del petróleo, obtenidos del crudo, a partir de los procesos de refinación.

Se ha establecido que el petróleo es una mezcla de hidrocarburos, que varía mucho en sus propiedades, por lo tanto varían su peso molecular, punto de ebullición, etc., razón por la cual no es práctico separar el petróleo en hidrocarburos puros. Además , el consumidor no necesita productos del petróleo que sean componentes químicos, esencialmente puros, sino fracciones de petróleo que contengan amplios límites en cuanto a sus propiedades.

FIGURA 1 : Productos Derivados del Petróleo



4.1 Destilación Primaria

Este es el proceso básico de la refinación del petróleo y consiste en la separación física de las diferentes fracciones: gas, gasolina, kerosene, diesel y residual (crudo reducido). Todas las refinerías emplean este proceso.

La separación primaria se realiza calentando el crudo en un horno hasta una temperatura tal (335 °C) que permita vaporizar la gasolina, el kerosene y el diesel, introduciendo luego la mezcla de líquidos y vapores en una torre de fraccionamiento equipada con elementos llamados platos o bandejas en los cuales los vapores se van condensando gradualmente a medida que ascienden en la torre, debido al enfriamiento que se efectúa en la parte superior de la misma. El líquido de varios platos, se colecta a ciertas alturas de la torre y así se separan el diesel, una gasolina pesada y el kerosene. Por la parte superior salen el gas y la gasolina liviana y por el fondo de la torre el crudo reducido. En este proceso las moléculas de los diferentes hidrocarburos que constituyen el petróleo no sufren alteración química alguna y solo se realiza una separación física.

4.2 Destilación al Vacío

Este proceso que realmente complementa a la destilación primaria se lleva a cabo en forma similar con la diferencia de que en la torre de fraccionamiento se hace vacío, con el objeto de que las fracciones que se vaporizan hiervan a temperaturas moderadas (390° C) evitándose de este modo que las moléculas de hidrocarburos se desintegren. Mediante este proceso se destila el crudo reducido que sale del fondo de la torre de destilación primaria, separándose una

fracción de aceite oscuro y viscoso (gasóleo), que es apropiado para procesos posteriores de desintegración o craqueo catalítico. El residuo que sale del fondo de la torre de esta unidad, es de color negro y extremadamente viscoso y a veces sólido a la temperatura ambiente y puede ser utilizado como asfalto; y si el crudo fuera apropiado, como base de los combustibles industriales.

4.3 Craqueo Catalítico

La carga de una unidad de craqueo catalítico es el aceite destilado de la Unidad de Destilación al Vacío, el cual es sometido a alta temperatura y puesto en contacto con un catalizador en forma de polvo fino.

El catalizador que sale del regenerador a una temperatura de 650 °C, se pone en contacto con la carga (gasóleo), proveniente de la Unidad de Destilación al Vacío. Debido a la alta temperatura del catalizador, el gasóleo es vaporizado iniciándose el craqueo, la que termina al llegar la mezcla de catalizador e hidrocarburos a un recipiente llamado reactor, en el cual la temperatura llega a 500 °C. En este recipiente se separan los hidrocarburos saliendo por la parte superior hacia una torre de destilación similar a la de una Unidad de Destilación Primaria, obteniéndose gas combustible, gases licuables, gasolina de alto octanaje (90-92 octanos) y un alto rendimiento (50-60 por ciento) en base al volumen de la carga de gasóleo, aceites combustibles y un residuo de características tales que lo hacen apropiado como materia prima para fabricar negro de humo. El catalizador separado de los hidrocarburos se ha recubierto de carbón el cual es un subproducto de la reacción perdiendo por esta

causa transitoriamente su actividad; por esta razón pasa al **regenerador** donde se pone en contacto con un volumen de aire tal que se produzca solo una combustión parcial a fin de que la temperatura no sea excesiva ($650\text{ }^{\circ}\text{C}$), resultando una mezcla de gases que contienen dióxido y monóxido de carbono, la que se descarga a la atmósfera con una chimenea. El catalizador, una vez regenerado, nuevamente se pone en contacto con el gasóleo.

En la versión mas usada de este proceso, el catalizador se usa en forma de polvo fino circulando con los vapores de hidrocarburos o con el aire en forma fluidizada, por lo que se le denomina Craqueo Catalítico Fluido.

4.4 Reformación Catalítica

Este proceso se aplica generalmente a la fracción mas pesada de gasolina obtenida en la destilación primaria con el objeto de aumentar su octanaje. El proceso consiste en poner en contacto con la gasolina (llamada también nafta), con un catalizador de platino produciéndose una reacción química de deshidrogenación, resultando hidrocarburos como el benceno y el tuoleno de alto octanaje, los cuales mejoran esta característica de la nafta.

4.5 Procesos de Tratamiento

En las refinerías se emplea varios procesos de tratamientos, aplicables a las diferentes fracciones con el objeto de extraer o transformar compuesto de azúfre, como ácido sulfhídrico y mercaptanos ó extraer ácidos orgánicos como los naftenos. Los mas comunes consisten en el lavado de la fracción con solución acuosa de soda cáustica, con catalizador o sin el.

5. Caracterización de los Combustibles Residuales

Cuando se refina el petróleo se persigue 2 objetivos:

- (1) Elaborar productos que satisfagan al cliente.
- (2) Controlar los procesos de refinación de manera que resulten los más económicos posibles.

Cualquier individuo, por mas experiencia captada, no puede determinar la calidad del producto con solo mirarlo, o probándolo, tocándolo u olfateándolo, por lo que siempre se debe enviar una pequeña cantidad de cada producto al laboratorio, para que sean sometidos a los diversos exámenes químicos y físicos.

En el caso de los Petróleos Residuales, por ser estos sucios y viscosos, su combustión resulta dificultosa y muy compleja, y en tal sentido, es de gran importancia conocerlos, esto es, caracterizarlos en función de su estado físico, composición química y propiedades fisico-químicos.

5.1 Compuesto “ Carbono / Hidrogeno ” (C/H)

En los combustibles residuales se presentarán los compuestos Carbono/Hidrogeno (C/H), en diferentes proporciones; pues estos, poseen hidrocarburos originales del petróleo crudo, además de aquellas que se produzcan durante los procesos de refinación, sobre todo los producidos durante la desintegración catalítica.

Para efectos prácticos, resultará conveniente considerar como factor determinante de la “combustión” de los residuales su relación C/H , mediante el cual pueden ser caracterizados. Esta relación permite caracterizarlos en función de su comportamiento como combustible industriales, por lo que cuando menor sea la relación C/H mayor

será la facilidad para su combustión. Así por ejemplo, el CH₄ representa al metano y su relación C/H será:

$$\frac{C}{H_4} = \frac{\text{Peso Molecular del C}}{\text{Peso Molecular del H}} = \frac{12}{4} = 3$$

y por tanto su combustión es muy buena, y además fácil; por el contrario una relación C/H de 8 representa un combustible residual, por ende su combustión será mucho más difícil y compleja que del metano.

5.2 Compuesto Nitrogenados

La presencia del nitrógeno en los combustibles residuales es de remarcada importancia sobre todo en 2 aspectos:

- a. A condiciones de altas temperaturas (> 1100 °C) durante la combustión, se combinan con el oxígeno formando compuestos NO_x, que son contaminantes atmosféricos.
- b. Por efectos de cambios reiterados de temperaturas, estos compuestos se degradan, dando origen a la formación de gomas que se depositan en finas capas parecidas al barniz sobre los equipos como: filtros, bombas, engranajes, etc.

Estos compuestos están presentes en moléculas de elevado peso molecular (complejos), por lo que se puede afirmar que más del 90 % del Nitrógeno que constituyen el Crudo Original, está presente en los petróleos residuales. En los residuales se encuentra mayormente los siguientes compuestos:

- * Piridina, 44 % (aproximadamente)
- * Carbazol, 30 % (aproximadamente)
- * Indol 9,5 % (aproximadamente)

- * Pirrol, 9,0 % (aproximadamente)
- * Quinolcina, 3,3 % (aproximadamente)
- * Compuestos Asfálticos, 4,2% (aproximadamente), también los asfaltenos y las resinas contienen compuestos nitrogenados de alto punto de ebullición que incluyen complejos también derivados y heterocíclicos sulfurados.

5.3 Compuestos Sulfurados

El petróleo crudo, dependiendo de su origen, puede contener hasta 5 % de azufre; pero normalmente su composición varía en 1 y 3 %.

Durante la refinación, aproximadamente un 40 % de azufre respecto al crudo, se concentra en los petróleos residuales.

Su presencia en el petróleo es indeseable, a pesar que durante la combustión producen reacciones exotérmicas, aportando una cantidad extra de calor; pero los subproductos de sus reacciones son agresivos para los equipos, y además estos son contaminantes al medio ambiente.

Los compuestos sulfurados se encuentran bajo la forma de:

- * Tíoles (mercaptanos)
- * Disulfuros
- * Tiofenos, y
- * Azufre elemental

Es fácil detectarlos en los productos de la combustión, por su olor penetrante y desagradable de sus compuestos.

El dióxido de azufre (SO_2), producido durante la combustión, en presencia de exceso de aire y el pentóxido de vanadio (V_2O_5) como catalizador, se oxida a SO_3 , el cual con el vapor de H_2O de la combustión, forman el ácido sulfúrico (H_2SO_4). Si la temperatura dentro del sistema disminuye por debajo del punto de rocío ($< 300^\circ\text{F}$), el ácido se deposita en los refractarios y partes metálicas por donde circulan los gases de combustión, produciendo corrosión ácida ó corrosión a baja temperatura, y si los gases salen por la chimenea, la condensación se producirá en la atmósfera, dando lugar a la contaminación ambiental conocida como lluvia ácida.

5.4 Compuestos Oxigenados

Además de los compuestos complejos de nitrógeno y azufre que se encuentran en los asfaltenos y resinas del petróleo, existe también, frecuentemente los ácidos grasos, ácidos nafténicos y fenoles como derivados oxigenados. En general los compuestos oxigenados, se encuentran en el petróleo crudo propiamente dicho, y no en los productos de descomposición que se producen durante la destilación.

En los destilados de punto de ebullición más elevados, el contenido en ácidos grasos es generalmente pequeño, aunque en algunos fuel oil alcanzan un 7.7% en ácidos mirísticos, palmítico y esteárico.

No se sabe de la existencia de ningún otro derivado oxigenado, tales como aldehídos ó cetonas, en los destilados directos del crudo.

5.5 Contenido de Asfáltenos

Los asfáltenos son compuestos orgánicos de alto peso molecular, entre 1,000 y 100,000 , constituidos por los elementos del combustible de origen (carbono, hidrógeno, azufre, nitrógeno, oxígeno, vanadio, etc.), cuya presencia en los residuales resulta de gran importancia durante su combustión por constituir la fracción del residual mas difícil de quemar.

El contenido de asfáltenos en los residuales resultara un factor indicativo de la dificultad para lograr una combustión completa, siendo probable que una gran proporción de las emisiones de inquemados sólidos procedan de estos compuestos.

Estos compuestos tienen tendencia a formar estructuras cíclicas complejas, por lo que poseen altas relaciones C/H (alrededor de 10/1).

Durante la combustión, el hidrógeno del asfalteno es fácilmente oxidado, por lo que forma un coque denso, a menudo de una estructura grafítica, muy poco reactiva y difícil de quemar en los cortos tiempos de residencia disponibles durante el transporte a través de las regiones de altas temperaturas en el interior de las llamas en hornos y cámaras de combustión.

5.6 Metales

En las cenizas de los residuos del petróleo se encuentran practicamente todos los metales. Su composición esta relacionada, con el tipo de estructura rocosa con la que el petróleo ha estado en contacto. La forma en que se encuentran presentes estos metales en el petróleo no se conoce, a parte de los constituyentes normales de la salmuera emulsionada con el petróleo.

Los metales que se encuentran más frecuentemente en el petróleo son el silicio, hierro, calcio, magnesio, níquel, sodio, vanadio, etc.

Cualitativamente, el vanadio constituye el componente que ocasiona mayores riesgos y problemas en la práctica industrial, por lo que conocer la proporción en que se encuentra en los residuales permitirá prevenir y controlar sus efectos y consecuencia.

Se conoce que el vanadio está frecuentemente asociado con los asfaltenos en forma de complejos estables solubles en el combustible; durante la combustión es muy probable que el vanadio se asocie con el coque formado de origen asfáltico, dando lugar a cenizas con bajo punto de fusión.

Se sabe que el vanadio es un catalizador muy efectivo de las reacciones de oxidación, por eso influye en forma negativa al favorecer la reacción de formación de SO_3 .

Cuando el vanadio se encuentra asociado con el sodio y el azufre, forman compuestos de bajo punto de fusión, y estos cuando se adhieren a superficies metálicas y refractarios, dan lugar a la corrosión por cenizas fundidas a altas temperaturas.

6. Propiedades Físicas

El crecimiento de la industria del petróleo ha llevado paralelamente consigo el desarrollo de métodos de ensayo de los productos del petróleo y de sus derivados, métodos que en forma general pueden considerarse incluidos dentro de dos clases, a saber, químicos y físicos.

Sin embargo, como las características físicas de los productos del petróleo influyen mucho más que los químicos en su utilización, se ha prestado mayor atención a la elaboración de los ensayos físicos. Tales ensayos son

frecuentemente de naturaleza empírica y alguno de ellos tienen valor solo para el refinador como medio de control de los procesos de elaboración, mientras otros sirven tanto para el refinador y consumidor, como indicación de la aptitud del producto para usos determinados.

Con el considerable progreso realizado actualmente en la química del petróleo, esta preferencia por los ensayos físicos está sufriendo un ajuste, por lo que cada vez se están usando más los datos basados en ensayos químicos del petróleo.

Así por ejemplo, el empleo de métodos espectrofotométricos, se ha incrementado considerablemente en los últimos años, sobre todo en el control rutinario de las refinerías.

6.1 Gravedad Específica (Sp - gr)

La gravedad específica de una sustancia es el peso de un volumen especificado de esa sustancia a cierta temperatura comparado con el peso del mismo volumen de agua a la misma temperatura.

Cuando se habla de la gravedad del petróleo y de sus productos, generalmente se utiliza la gravedad API (American Petroleum Institute) en lugar de la gravedad específica, y la relación entre las dos es la siguiente:

$$A P I (60^{\circ}F) = \frac{141.5}{\text{GRAVEDAD ESPECIFICA a } 60^{\circ}F} - 131.5$$

Ya que la gravedad específica, y la gravedad API varían con la temperatura, y siendo deseable expresarlo a una temperatura uniforme, la gravedad que se dé a cualquier temperatura siempre se

debe corregir a 60°F, y para esto se emplea tablas oficiales de corrección.

Las tablas oficiales de corrección de la Gravedad API a 60°F con respecto a la temperatura, se muestran en el Anexo 1.

Así por ejemplo, si se obtuvieran los siguientes resultados, después de efectuar la medición de los API y la temperatura :

$$* \text{ Temperatura} = 102^{\circ} \text{ F}$$

$$* \text{ API}_{\text{OBSERVADO}} = 15,$$

se determinaría de las tablas del anexo 1, el valor corregido de la gravedad API a la temperatura de 60 ° F , interceptando los datos de manera horizontal y vertical, dando como resultado:

$$12.8^{\circ} \text{ API a } 60^{\circ} \text{ F}$$

De otro lado es de utilidad conocer que los productos del petróleo con frecuencia se venden en base del volumen que se entregue, corregida a lo que seria 60° F. Estas correcciones de volumen se hacen empleando tablas aprobadas, los cuales nos muestran que la magnitud de la corrección es una función directa de la gravedad del producto, sea cual sea su origen ó carácter. Por lo tanto, siempre que sea necesario hacer una corrección en el volumen de un petróleo, a causa de un cambio de temperatura, tiene que conocerse antes la gravedad del mismo.

Las tablas para efectuar la corrección volumétrica de petróleo a 60° se muestran en el Anexo 2.

6.2 Punto de Inflamación

El Punto de Inflamación es la temperatura a la cual los vapores de una muestra que es calentada se inflama cuando se encuentre con

una llama, mientras que el punto de combustión (ó encendido), es la temperatura a la cual los vapores se desarrollan con suficiente rapidez como para quemarse continuamente.

De cuantos ensayos físicos existen, no hay alguno que por si solo nos dé una guía completa de la tendencia que posee algún producto para encenderse; con esta referencia, el punto de inflamación se considera universalmente como el mas importante, puesto que nos da una indicación de la probabilidad que existe de que algún producto se incendie, y en la práctica esto es mas útil que conocer la manera de como se quemará algún combustible después de que se haya encendido.

6.3 Viscosidad

La viscosidad de un liquido puede definirse por la resistencia que oponen sus moléculas a la fuerza que tiende a desplazarlos, debido a la fricción que se produce entre ellas.

La viscosidad de los derivados del petróleo tiene importancia en la determinación de su adaptabilidad a diferentes aplicaciones, en el caso de los petróleos residuales constituye una de las propiedades de mayor importancia, por utilizarse como factor de referencia para efectuar el bombeo y la atomización del mismo.

La viscosidad dinámica o absoluta (μ) se expresa en Poise (Po), y equivale a la fuerza en Dinás que se requiere para desplazar un plano liquido de 1 cm^2 y con una velocidad de 1 cm./seg.

La tendencia actual a nivel mundial es la de utilizar la expresión de la viscosidad de combustibles en <centistokes>, es decir en la forma de la viscosidad cinemática, la cual es definida por la relación que

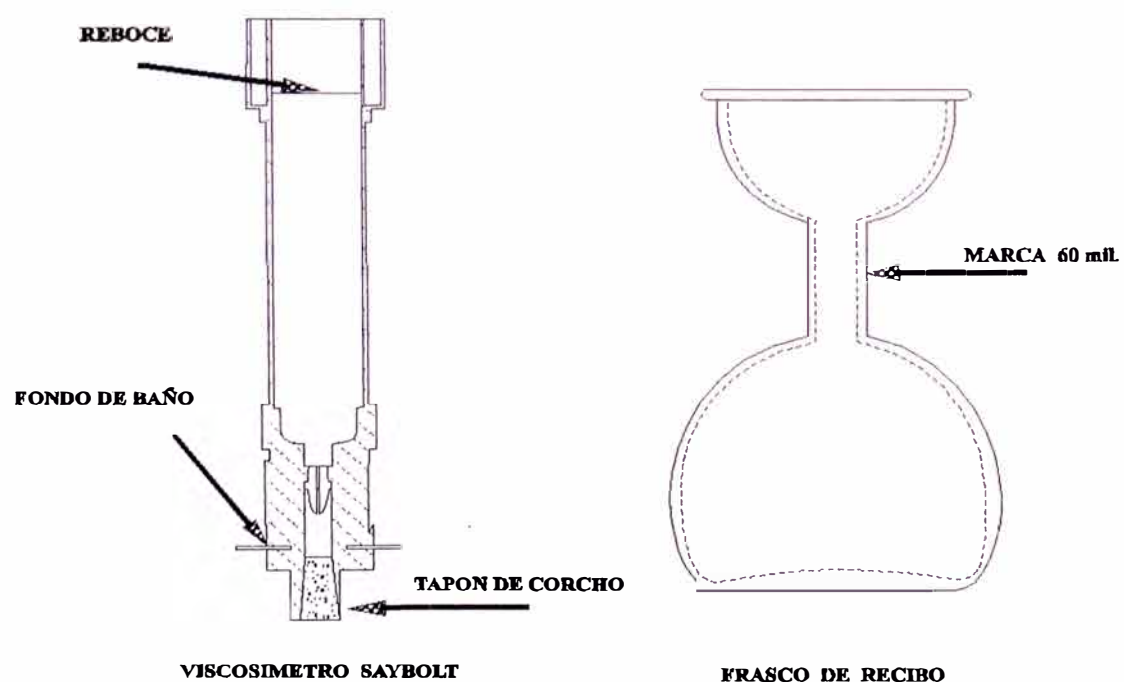
existe entre la viscosidad absoluta y la densidad del líquido a la misma temperatura.

Los viscosímetros comerciales mas comunes, miden la viscosidad cinemática en función del tiempo que tarda en pasar un volumen de liquido por un tubo capilar normalizado y a una temperatura determinada. Para los residuales, los sistemas mas empleados para medir y expresar su viscosidad son los Segundos Saybolt Furol (SSF) a 122° F, y 210° F .

Los segundos saybolt registran el tiempo en segundos que demora en pasar un volumen de 60 cm³ a través de un Viscometro Saybolt, utilizándose los Segundos Saybolt Universal (SSU) para los combustibles livianos (diesel) y los Segundos Saybolt Furol (SSF) para los residuales.

La figura 2, esquematiza el equipo Saybolt usado para la determinación de la viscosidad.

FIGURA 2: EQUIPO SAYBOLT PARA LA DETERMINACION DE LA VISCOSIDAD



Además de los métodos y técnicas aplicadas en el laboratorio para la determinación de la viscosidad, existen gráficos, nomogramas, correlaciones y métodos para la conversión de Viscosidades. Estos son muy usados en la práctica industrial, por lo que se detallará mas adelante, cuando determinemos las temperaturas de atomización y de bombeo de los residuales.

6.4 Punto de Fluidez

El Punto de Fluidez es la Temperatura a la cual el combustible fluye libremente por gravedad , después de haber sido enfriado lo suficiente hasta ser sólido completamente. Es importante la fluidez para juzgar la facilidad con la cual los combustibles residuales pueden ser transportados y manipulados.

Como los combustibles residuales son altamente viscosos, y siendo la fluidez la inversa de la viscosidad, estos serán por tanto pocos fluidos.

Los valores promedios de los residuales mas empleados en la industria se acercan a rangos de temperatura ambiental (15°C), por lo que su manipulación por gravedad es factible en lugares donde la temperatura ambiental se mantenga en niveles mayores al punto de fluidez. Se puede indicar también que en la práctica, las plantas de ventas comercializan a los combustibles residuales muy por encima del punto de fluidez, tanto para acelerar su propio trabajo y como el cuidado de sus equipos (bombas).

6.5 Residuo de Carbón Conradson

Esta propiedad proporciona una indicación de la tendencia relativa de formación de carbón ú formar inquemados (coque).

Cuando los índices de Conradson son elevados, estos muestran una significativa tendencia a la formación de Coque de un combustible en los precalentamiento y de la posibilidad que se produzcan ensuciamiento de filtros y boquillas del quemador durante las operaciones.

6.6 Contenido de Cenizas

El contenido de ceniza de los combustibles del petróleo, es la cantidad de material no combustible en el producto. Estas cenizas pueden contener elementos tales como aluminio, bario, calcio, cromo, cobre, hierro, plomo, magnesio, manganeso, níquel, potasio silicio, sodio, estaño, titanio, vanadio, zinc, y probablemente otros mas en cantidades demasiosos pequeñas que no se identifican con facilidad.

Las cenizas totales naturales de un petróleo combustible rara vez alcanzan el 0,2 % en peso, pero, dentro de este valor, pueden variar en magnitud y naturaleza de los constituyentes de un petróleo a otro, dependiendo del origen.

El contenido de ceniza , no debe de confundirse con los contenidos de sedimentos o residuos, que se refieren a las impurezas no solubles en el petróleo; sin embargo en la determinación del contenido de cenizas, es posible que se incluya algo de material que aparezca como sedimento en la ceniza.

6.7 Contenido de Agua y Sedimentos

El agua y sedimentos en el petróleo no solo es proveniente de los yacimientos en los cuales se extraen, sino también de los procesos durante la refinación.

El Agua, en forma de minúsculas gotas, al lado de otros tipos de impurezas se encuentran en todos los combustibles líquidos, y aún en los combustibles residuales.

Su presencia es indeseable, ya que en porcentajes apreciables provoca irregularidades en el funcionamiento de los quemadores y en la estabilidad de la llama.

Por otro lado los sedimentos constituyentes en el petróleo, puede provocar problemas de abrasión, por ejemplo en las bombas, en las boquillas de los quemadores, etc.

6.8 Poder Calorífico

El poder calorífico representa la cantidad de calor que es capaz de liberar el combustible por unidad de volumen o unidad de masa .

En el laboratorio se determina el poder calorífico mediante la Bomba Calorimétrica, donde los productos de la Combustión quedan a temperatura ambiente, condensándose y cediendo su calor latente de condensación del vapor de agua, a este valor se le conoce como Poder Calorífico Superior ó Bruto.

En la práctica, después de la combustión, el vapor de agua no cede su calor latente, pues el contenido térmico escapa por la chimenea, a este valor se le conoce como Poder Calorífico Inferior ó Neto. Existen fórmulas empíricas que permiten calcular en forma suficientemente aproximada el Poder Calorífico Superior a partir del análisis elemental del combustible.

También existen gráficos mediante los cuales se determina el poder calorífico de los Fuel Oil, con una muy buena aproximación, tabulados a partir de la gravedad API del petróleo.

Del Anexo 3, se puede determinar:

- * El Poder Calorífico Superior (High Heating Value).

- * El Poder Calorífico Inferior (Low Heating Value), de las fracciones del petróleo y los Fuel oils.

Adicionalmente, de los Anexos 4, 5, 6, 7 y 8 se puede utilizar para determinar los calores de combustión que se puede aprovechar como máximo de los Fuel Oils, en función del exceso de aire, y de los gases de chimenea.

Así tenemos:

- * Anexo 4: Calor obtenido en la combustión por un Fuel Oil de 0° API.
- * Anexo 5: Calor obtenido en la combustión por un Fuel Oil de 5° API.
- * Anexo 6: Calor obtenido en la combustión por un Fuel Oil de 10° API.
- * Anexo 7: Calor obtenido en la combustión por un Fuel Oil de 15° API.
- * Anexo 8: Calor obtenido en la combustión por un Fuel Oil de 20° API.

6.9 Factor de Caracterización de WATSON (Kuop)

Se utiliza para dar la clasificación a los petróleos.

Para hidrocarburos puros el factor de caracterización viene expresado por :

$$\mathbf{Kuop} = \frac{\sqrt[3]{T (^{\circ} R)}}{\mathbf{Sp-gr}_{60/60^{\circ}F}}$$

, donde T es la temperatura de ebullición expresado en grados Rankine (R).

De esta forma, de acuerdo a la naturaleza química del hidrocarburo, el valor de Kuop, será definido según:

Kuop= 13 ,Hidrocarburos parafínicos normales é iso.

Kuop= 12 ,Hidrocarburos mixtos con ciclo y cadena equivalente.

Kuop= 11 ,Hidrocarburos nafténicos puros o aromáticos,
ligramente sustituidos.

Kuop= 10 , Hidrocarburos aromáticos puros.

Para el caso de las mezclas de hidrocarburos, en la expresión dada por Watson, no tiene sentido la temperatura de ebullición, por lo que existen métodos para determinar la Temperatura Media Ponderada (T_{mav}) de la mezcla, basadas en el conocimiento de la curva de destilación ASTM. Este valor de T_{mav} reemplaza a la temperatura de ebullición del hidrocarburo, en la expresión del calculo del Kuop.

El Anexo 9, relaciona algunas propiedades físicas, tales como: la Gravedad “API”, gravedad específica, relación C/H, poder calorífico superior, peso molecular, de las fracciones del petróleo, etc.

7. Combustibles Industriales que Actualmente se Comercializan

Los productos de refinación del petróleo que se utilizan actualmente como combustibles industriales, son los destilados medios y los mas pesados (los residuales).

Entre estos tenemos:

- a. Kerosene
- b. Petróleo Diesel Nro. 2
- c. Petróleo Industrial Nro. 4 (Residual 4)
- d. Petróleo Industrial Nro. 5 (Residual 5)
- e. Petróleo Industrial Nro. 6 (Residual 6)
- f. Petróleo Industrial R500 (Residual 500)

Además de estos combustibles derivados del petróleo, se comercializan también las gasolinas de diferentes octanaje para uso automotriz; así

como la gasolina de aviación para uso comercial, también el Gas Licuado de Petróleo (GLP) que hasta la actualidad tiene su mayor aplicación en el sector doméstico (aunque ya se tiene aplicación en el sector automotriz y en el sector industrial).

7.1 Kerosene

Aplicación Industrial:

Es un combustible que se comercializa directamente en las plantas de venta. Aunque su uso no es netamente industrial, es usado en algunos calderos.

Tiene aplicaciones diversas, pero su mayor aplicación esta en el sector doméstico, sirve como fuente de iluminación y calefacción para algunos procesos, también es usado para adelgazar el asfalto para techos y pavimentos, así como también es usado en algunos artículos domésticos como: refrigeradoras y congeladoras .

Sus características mas importantes como uso industrial son:

- Es un combustible claro y limpio, altamente estable contra la degradación de sus componentes durante su almacenamiento.
- Se caracteriza porque no requiere ser calentado para su atomización, lo cual lo hace fácilmente combustible, además es fácilmente bombeado a temperaturas bajas.
- Su poder calorífico es mas bajo que cualquier residual, por unidad de volumen.

Propiedades Físicas:

Sus propiedades físicas típicas de este combustible se muestran en el Cuadro 2.

CUADRO 2 : Propiedades físicas típicas del Kerosene

INSPECCIONES	KEROSENE
Gravedad API a 60 ° F	42.0
Punto de Inflamación (Pm), ° C	47
Poder Calorífico, BTU / Gln	137,400
Azufre, % en Peso	0.089
Cenizas, % en Peso	-
Agua y Sedimentos , % Vol.	-
Viscosidad Cinemática, cst a 100 ° F	1.32
Punto de Fluidez , ° C	-

7.2 Petróleo Diesel Nro. 2

Aplicación Industrial

Este combustible se comercializa directamente en las plantas de venta. Es producido específicamente para ser usado en motores de combustión interna del ciclo diesel, por lo cual el Índice de Cetano es una de las especificaciones de mayor importancia, que debe tener este combustible para este tipo de aplicación.

También se usa en el sector industrial, para hornos y caderas, cuando no resulta conveniente o posible utilizar combustibles residuales.

Sus características principales como combustible industrial son:

- Es un combustible limpio, con mínimo contenido de cenizas, sin humedad, ni sedimentos y bajo contenido de azufre.
- No requiere ser calentado para el bombeo, ni para su atomización.

- Su poder calorífico es relativamente mayor que el kerosene y menor que cualquier residual.

Propiedades Físicas

Sus propiedades físicas típicas se muestran en el Cuadro 3.

CUADRO 3: Propiedades físicas típicas del Petróleo Diesel Nro. 2

INSPECCIONES	DIESEL Nro. 2
Gravedad API a 60 ° F	33.1
Punto de Inflamación (Pm), ° C	64
Poder Calorífico, BTU / Gln	139,600
Azufre, % en Peso	0.41
Cenizas, % en Peso	0.0021
Agua y Sedimentos , % Volumen	0.05
Viscosidad Cinemática, cst a 100 ° F	4.24
Viscosidad Saybolt, SSU a 100 ° F	40.0
Punto de Fluidez , ° C	- 15

7.3 Petróleo Industrial Nro. 4

Aplicación Industrial

Es un combustible netamente industrial y es conocido como Residual 4.

Este es un producto comercializa como mezcla de dos productos.

Es un buen combustible, pues tiene un comportamiento muy similar al Petróleo Diesel Nro. 2, y que combustiona en condiciones similares a éste.

Sus características principales son:

- Sus impurezas son ligeramente superiores al Petróleo Diesel Nro. 2, debido al % de Petróleo Industrial Nro. 6 que éste posee.
- Su poder calorífico es ligeramente mayor al Petróleo Diesel Nro. 2.
- Es fácilmente reemplazable al Petróleo Diesel Nro. 2 en condiciones normales, ya que no requiere calentamiento para su bombeo, ni para su atomización. En climas muy fríos (debajo de 10 °C), podría necesitar de calentamiento para cumplir sus exigencias en la viscosidad para su correcta atomización, pero no tendría problemas para el bombeo.

Propiedades Físicas

Sus propiedades físicas típicas se muestran en el Cuadro 4.

CUADRO 4: Propiedades físicas típicas del Petróleo Residual Nro. 4

INSPECCIONES	RESIDUAL 4
Viscosidad Cinemática, cst a 100° F	19.5
Viscosidad Cinemática, cst a 122° F	8.7
Viscosidad SSU a 100° F	96
Cenizas, % en Peso	0.01
Azufre, % en Peso	0.5
Poder Calorífico, BTU / Gln	143,151
Agua y Sedimentos, % Volumen	0.02
Punto de Inflamación, °C	66
Vanadio, ppm	50
Gravedad A P I a 60° F	26.7
Punto de Fluidez, °C	+ 7

7.4 Petróleo Industrial Nro. 5

Aplicación Industrial

Este es un combustible netamente industrial usado para la producción de energía en hornos y calderos, y es conocido como Residual 5.

Este combustible podría sustituir al Petróleo Diesel Nro. 2, solo con algunos cambios en el calentamiento para la atomización, puesto que generalmente no necesita calentamiento para su bombeo.

Sus principales características son:

- Por la alta proporción de Petróleo Industrial Nro. 6, se debe tener en cuenta el contenido de metales en sus cenizas (vanadio por ejemplo), así como el azúfre por los problemas de corrosión, también es importante considerar el porcentaje de agua de esta mezcla, sobre todo en el almacenamiento.
- No requiere calentamiento para el bombeo, salvo en climas muy fríos (temperatura $< 6^{\circ}\text{C}$), pero sí requiere ser calentado para su atomización.
- Su poder calorífico es mayor que el Petróleo Diesel Nro 2 y el Petróleo Industrial Nro. 4 .

Por la proporción de mezcla indicado, tiene un menor precio que el Petróleo Diesel Nro. 2 y el Petróleo Industrial Nro. 4.

Nota: Al Petróleo Industrial Nro. 5 se le podría llamar Residual 40, ya que su viscosidad como máximo debe alcanzar : 40 SSF a 122°F .

Propiedades Físicas

Sus propiedades físicas típicas se muestran en el Cuadro 5.

CUADRO 5: Propiedades físicas típicas del Petróleo Residual Nro. 5

INSPECCIONES	RESIDUAL 5
Viscosidad Cinemática, cst a 100° F	150
Viscosidad Cinemática , cst a 122° F	76.4
Viscosidad SSU a 100° F	680
Cenizas, % en Peso	0.03
Azufre, % en Peso	0.9
Poder Calorífico, BTU / Gln	147,370
Agua y Sedimentos, % Volumen	0.05
Punto de Inflamación , °C	75
Vanadio , ppm	105
Gravedad A P I a 60 ° F	18.9
Punto de Fluidez , ° C	+ 10

7.5 Petróleo Industrial Nro. 6

Este combustible se comercializa directamente como Petróleo Industrial Nro. 6. Antes de ser puesto a la venta en refinería es preparado a partir de las fracciones mas pesadas del petróleo (productos que ya no se pueden destilar). A estas fracciones pesadas se le adicionan fracciones cuyos componentes son livianos, con el objeto de satisfacer los requerimientos de viscosidad del producto que se encuentra normado por INDECOPI.

Aplicación Industrial

Posee características muy diferentes a los destilados. En la Industria es conocido como Residual 6.

En cuanto a la combustión por ser este combustible un producto residual, su eficiencia depende mucho de las impurezas que contengan, por eso cuando se trabaja con combustibles residuales se debe tener cuidado con el mantenimiento de los equipos, por los problemas que los contaminantes é impurezas podrían ocasionar durante los procesos de combustión, así por ejemplo, la corrosión en el tanque de almacenamiento por la acumulación de agua, la erosión en la boquilla del quemador, la obturación y taponamiento de los filtros y tuberías, etc.

En cuanto a su composición química, depende del crudo que proviene y de los procesos de refinación usados para su obtención.

Sus principales características como combustible industrial son:

- Su poder calorífico es mayor en 7 - 8 % mas que el Petróleo Diesel Nro. 2.
- Su manejo es mas complejo y debe de tenerse en cuenta al azufre por los problemas de corrosión, aunque la composición de éste elemento en el residual se halle normalizado (< 3.5 % en peso).
- La fluidez es muy importante en climas fríos (Temp< 15°C).
- El contenido de agua y sedimentos se encuentra normalizado en < 2 % del volumen.
- Este residual sí requiere de ser calentado para su bombeo (45 °C), y también para su atomización (110° C)

Este combustible muy bien podría llamarse un Residual 300, ya que su viscosidad no debe exceder a los 300 SSF (Segundos Saybolt Furol) a la temperatura de 122° F.

Aunque presente los problemas ya mencionados, su uso es justificado en cuanto al precio, ya que tiene un precio muy bajo en el mercado, y es mas disponible que los destilados.

Propiedades Físicas

Sus propiedades físicas típicas se muestran en el Cuadro 6.

CUADRO 6: Propiedades físicas típicas del Petróleo Residual Nro. 6

INSPECCIONES	RESIDUAL 6
Viscosidad Cinemática , cst a 122°F	614
Viscosidad, SSF a 122°F	290
Cenizas, % en Peso	0.045
Azufre, % en Peso	1.3
Poder Calorífico, BTU / Gln	150,430
Agua y Sedimentos, % Vol.	0.05
Punto de Inflamación , °C	102
Vanadio , ppm	150
Gravedad A P I a 60 ° F	13.5
Punto de Fluidez , ° C	+12

7.6 Petróleo Industrial R 500

Se le conoce así comercialmente a este residual, porque su viscosidad no debe exceder a los 500 SSF (Segundos Saybolt Furol), a la temperatura de 122 ° F.

La diferencia de este producto con el Petróleo Industrial Nro. 6 es muy pequeña, y normalmente, sí se le adiciona un 5% de Petróleo

Diesel Nro. 2 al Residual 500, podríamos obtener un combustible con propiedades del Petróleo Nro. 6.

Este combustible se obtiene o se prepara mezclando los residuales obtenidos de los diferentes operaciones de refinación cuyas viscosidades son muy superiores a los 500 SSF a 122° F , y los destilados mas ligeros, reduciendo de esta forma su viscosidad hasta viscosidades menores o iguales a 500 SSF a 122 ° F como lo indican las normas vigentes.

Aplicación Industrial

Siendo su aplicación netamente industrial, este residual es usado ampliamente en los equipos de producción de energía (hornos y calderos).

Sus características principales son:

- Su poder calorífico es mayor al Residual Nro. 6 en aproximadamente 6 %, a pesar que su precio es el de menor costo en el mercado.
- Es necesario ser calentado en aproximadamente 5 - 10 ° C mas que el Petróleo Industrial Nro. 6, tanto para su bombeo y su atomización.
- Se debe tener cuidado en la operación de combustión al igual que el Petróleo Industrial Nro. 6, ya que se tiene relativamente mas impurezas que este (aproximadamente 7 %).

Propiedades Físicas

Sus propiedades físicas típicas se muestran en el Cuadro 7.

CUADRO 7 : Propiedades físicas típicas del Petróleo Residual R500

INSPECCIONES	RESIDUAL 500
Viscosidad Cinemática , cst a 122° F	1033
Viscosidad, SSF a 122° F	487
Cenizas, % en Peso	0.06
Azufre, % en Peso	1.36
Poder Calorífico, BTU / Gln	151,700
Agua y Sedimentos, % Volumen	0.08
Punto de Inflamación , °C	112
Vanadio , ppm	160
Gravedad A P I a 60 ° F	13.0
Punto de Fluidez , ° C	+ 15

8. Normas Peruanas Vigentes para los Combustibles Industriales

Actualmente, la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales, bajo la revisión del Instituto Nacional de Defensa del Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), emite las Normas Técnicas a los Combustibles Industriales.

En esta Normas Técnicas, se detallan las características y propiedades físicas que deben cumplir, para que los combustibles reciban la calificación de acuerdo a los ensayos efectuados en los laboratorios, ensayos que también están normalizados por éste mismo ente.

Estas Normas Técnicas son como sigue:

<u>COMBUSTIBLE</u>	<u>NORMA</u>	<u>CUADRO</u>
Kerosene	321.001	Cuadro 8
Petróleo Diesel Nro. 2	321.003	Cuadro 9
Petróleo Residual 4 y 5	321.002	Cuadro 10A
Petróleo Residual 6 y R500	321.002	Cuadro 10B

CUADRO 8: Requisitos para el Kerosene

ESPECIFICACIONES	REQUISITOS
Punto de inflamación, °C (°F)	min. 43 (110)
Azufre, % en peso	máx 0,25
Color Saybolt, en refinería	min. + 15
Prueba de Combustión, horas	min. + 16
Punto de humo, mm	min. + 20
Destilación = 10 % destilado, °C (°F) = Punto Final, °C (°F)	máx 200 (392) máx 300 (572)
Corrosividad	máx lámina Nro. 3

CUADRO 9: Requisitos para el Petróleo Diesel Nro. 2

CARACTERISTICAS	DIESEL 2
Punto de Inflamación, en ° C, min.	52
Punto de Fluidez, en ° C, máx.	4
Agua y sedimento, en % en masa, en 10% de fondos, máx.	0,10
Residuo de carbón, en % en masa, en 10 % de fondos, máx.	0,35
Cenizas, % en masa, en 10% de fondos, máx.	0,02
Destilación: Punto inicial en ° C, min. 90% destilado en ° C, máx.	- 357
Viscosidad a 37,8 ° C,, est mín. máx.	1,8 5,8
Corrosión, máx.	Lámina nro. 3
Azúfre, en % en masa, máx	1
Numero cetano, mín *	45,0 **
Color en la escala de color ASTM, máx.	3

* Si el numero cetano no es posible determinarlo por el método ASTM, el índice cetano calculado puede utilizarse como aproximación.

** Temperaturas atmosféricas bajas como operaciones de maquinas en altitudes grandes pueden requerir el uso de combustibles con alto índice de cetano.

CUADRO 10A: Requisitos para el Petróleo Residual 4 y 5

CARACTERISTICAS	RESIDUAL 4	RESIDUAL 5
Punto de Inflamación, en ° C, mínimo.	54	55
Viscosidad Cinemática a 37,8 ° C, en cst mínimo. máximo.	5,8 26,4	- -
Viscosidad Cinemática a 50.0 ° C, en cst mínimo. máximo.	- -	42,3 81
Punto de Fluidez, en ° C, máx.	4	-
Agua y sedimento, en % en masa, en 10% de fondos, máx.	0,5	1,0
Cenizas, % en masa, en 10% de fondos, máx.	0,10	0,10
Azufre, en % en masa, máx.	1,5	2

CUADRO 10B: Requisitos para el Petróleo Residual 6 y R 500

CARACTERISTICAS	RESIDUAL 6	R 500
Punto de Inflamación, en ° C, mínimo.	65,5	65,5
Viscosidad Cinemática a 37,8 ° C, en cst mínimo. máximo.	- -	- -
Viscosidad Cinemática a 50.0 ° C, en cst mínimo. máximo.	92 638	848 1,060
Punto de Fluidez, en ° C, máx.	-	-
Agua y sedimento, en % en masa, en 10% de fondos, máx.	2,0	2,0
Cenizas, % en masa, en 10% de fondos, máx.	-	-
Azufre, en % en masa, máx.	3,5	3,5

LA COMBUSTIÓN DE LOS RESIDUALES

1. La Combustión

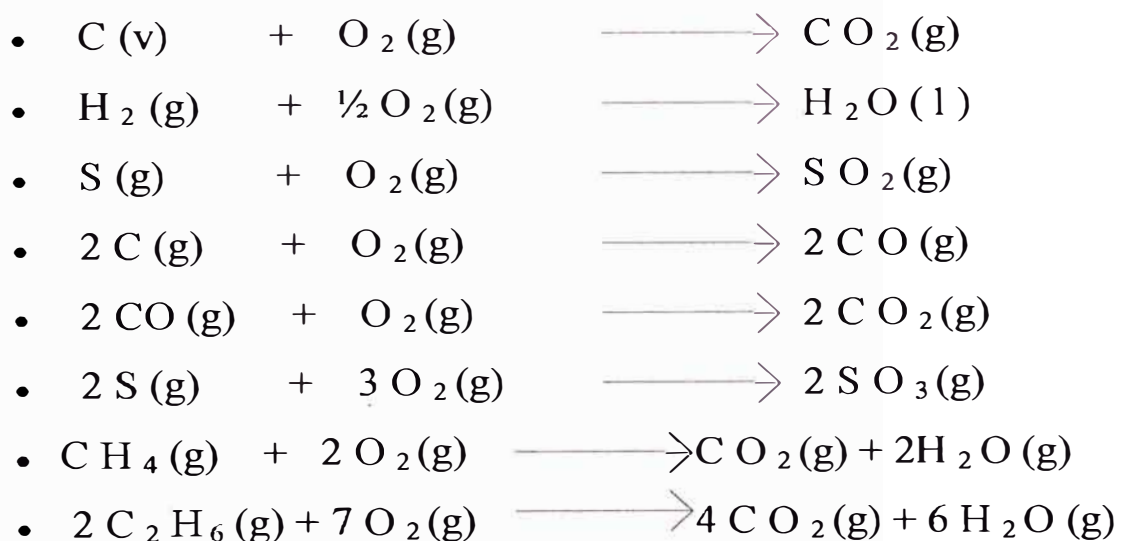
La Combustión es una reacción química muy rápida en la cual un combustible se combina con el oxígeno, dando como resultado una liberación de grandes cantidades de calor.

El objetivo fundamental de la combustión es la de conseguir la oxidación total del Carbono (C) y el Hidrógeno (H), para formar Dióxido de Carbono (CO₂) y el Agua (H₂O), con lo cual se produce la energía máxima en forma de calor.

A este tipo de oxidación se le conoce como la combustión completa.

Cuando los productos de la oxidación son el Monóxido de Carbono (CO) y el Agua (H₂O), no se aprovecha todo el calor y se le conoce como la combustión incompleta.

Alguna de las reacciones típicas durante la combustión son las siguientes:



Normalmente el aire es quién aporta el oxígeno para la combustión, y éste se puede considerar como una mezcla de 79.1 % de Nitrógeno y 20.9 % de Oxígeno. Del mismo modo, el aire también aporta otros gases en proporciones menores, que no ejercen demasiada influencia en la combustión.

De todos los gases que aporta el aire, el nitrógeno es el más importante, debido a las condiciones severas propias de la combustión, pues este se calienta y forma otros óxidos de nitrógeno, tales como: óxido nítrico (NO), dióxido de nitrógeno (N_2O), etc. Por otro lado, el combustible no solo aporta carbono e hidrógeno para la combustión, sino otros elementos constituyentes propios del combustible residual, como el azufre (S), el vanadio (V), el sodio (Na), etc., que dan origen a otras reacciones con formación de complejos. (Cuadro 14)

2. Tipos de Combustión

Los diferentes niveles con que se lleva a cabo la combustión, nos lleva a considerar los siguientes tipos de combustión:

- Combustión Teórica (Estequiométrica).
- Combustión completa con exceso de aire.
- Combustión incompleta:
 - * con exceso de aire ó combustión real.
 - * con deficiencia de aire.

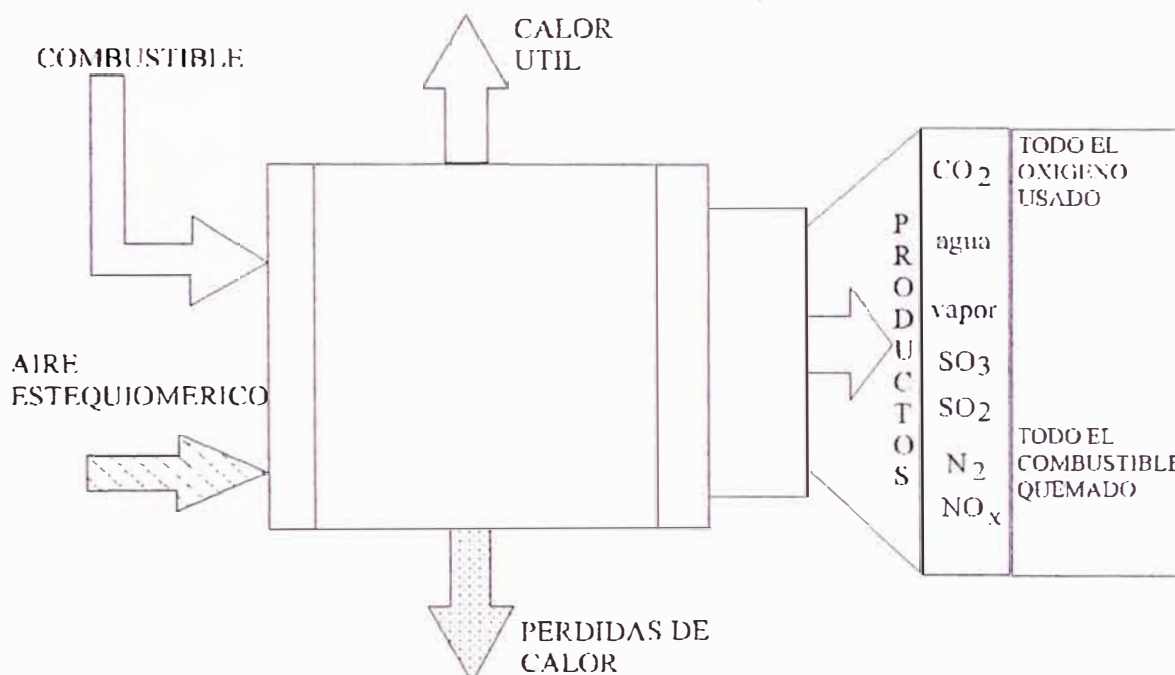
2.1 Combustión Estequiométrica (Figura 3)

Este tipo de combustión, se consigue mezclando y quemando las cantidades exactamente requeridas, tanto del combustible, como del oxígeno, los cuales se queman en forma perfecta.

Esta es la llamada combustión completa ó perfecta.

Este tipo de reacción se encuentra sin embargo fuertemente limitado por las condiciones físicas y químicas, por eso solo en teoría podríamos hablar de reacciones perfectamente estequiométricas.

FIGURA 3: COMBUSTIÓN COMPLETA (ESTEQUIOMETRICA)



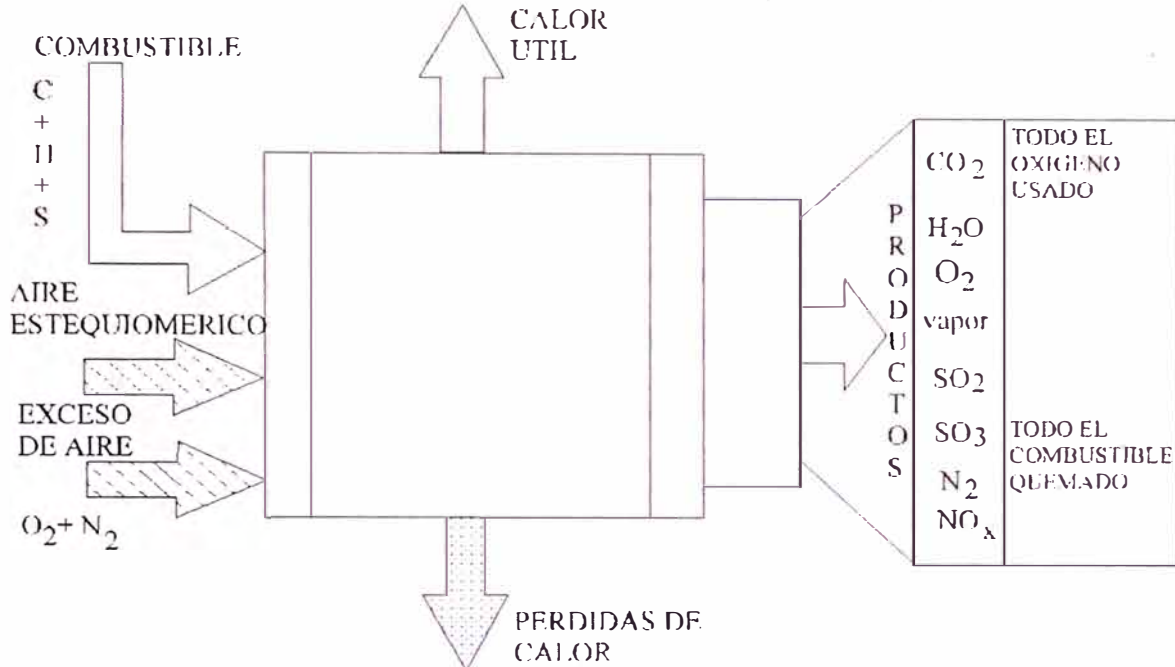
2.2 Combustión Completa con Exceso de Aire (Figura 4)

Para mantener una combustión completa, es decir, sin la presencia de monóxido de carbono (CO) en los humos de la chimenea, es necesario emplear una proporción de oxígeno superior a la teórica. Este exceso de aire conlleva especialmente a 2 efectos importantes en cuanto al proceso de combustión:

- La disminución de la temperatura máxima posible al aumentar la cantidad de gases de combustión.

- La variación sensible de concentración de los óxidos de nitrógeno, lo que se traduce en una disminución de la eficiencia de la combustión.

FIGURA 4 : COMBUSTIÓN COMPLETA CON EXCESO DE AIRE



2.3 Combustión Incompleta con Exceso de Aire ó Combustión Real (Figura 5)

Este es el tipo de combustión más ajustado a la práctica, y se detecta cuando en los humos de chimenea aparecen subproductos como el monóxido de carbono (CO), sólidos ó inquemados, residuos de combustible, etc.

Los ajustes que se efectúan en la practica, hacen que este tipo de combustión se aproxime a las condiciones teóricas de combustión completa con mínimo exceso de aire, dando como resultado un mejor rendimiento.

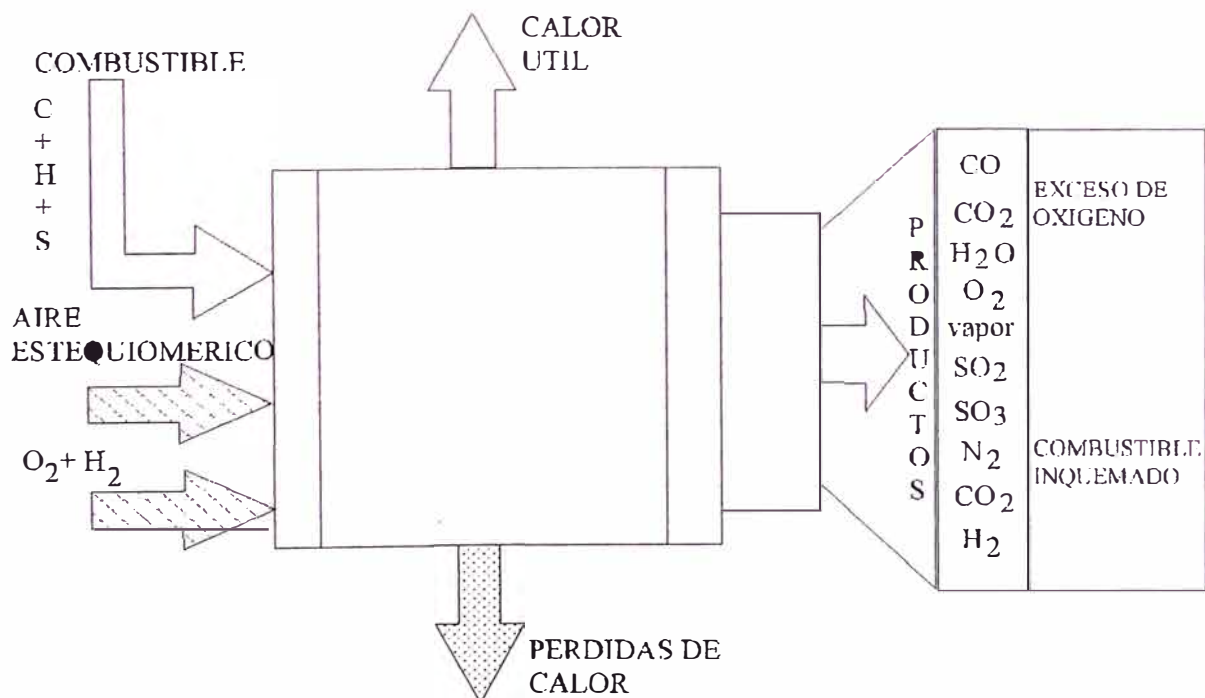
Este tipo de combustión se origina por las siguientes causas:

- Por la elevada carga térmica del hogar, es decir , el aumento de la relación entre potencia calorífica y el volumen del hogar, de esta forma el tiempo de permanencia

del combustible dentro del hogar para poder ser quemado, es muy reducido.

- Por una mala atomización (spray), cuando el tamaño de las gotas durante la pulverización no son uniformes, se producen inquemados, pues las gotas de mayor diámetro requerirán mayor tiempo para quemarse por completo.
- Por una mezcla pobre de Aire-Combustible, esto es debido a una mala turbulencia, el cual es generada por la insuficiencia de aire ó por trabajar con una fracción pequeña de su potencia nominal.
- Debido al enfriamiento de la llama. Esto ocurre cuando se trabaja con demasiado exceso de aire, o cuando la mezcla aire-combustible ingresa relativamente frío a la cámara de combustión.
- Por el alto porcentaje de carbono de los combustibles.

FIGURA 5 : COMBUSTIÓN INCOMPLETA CON EXCESO DE AIRE

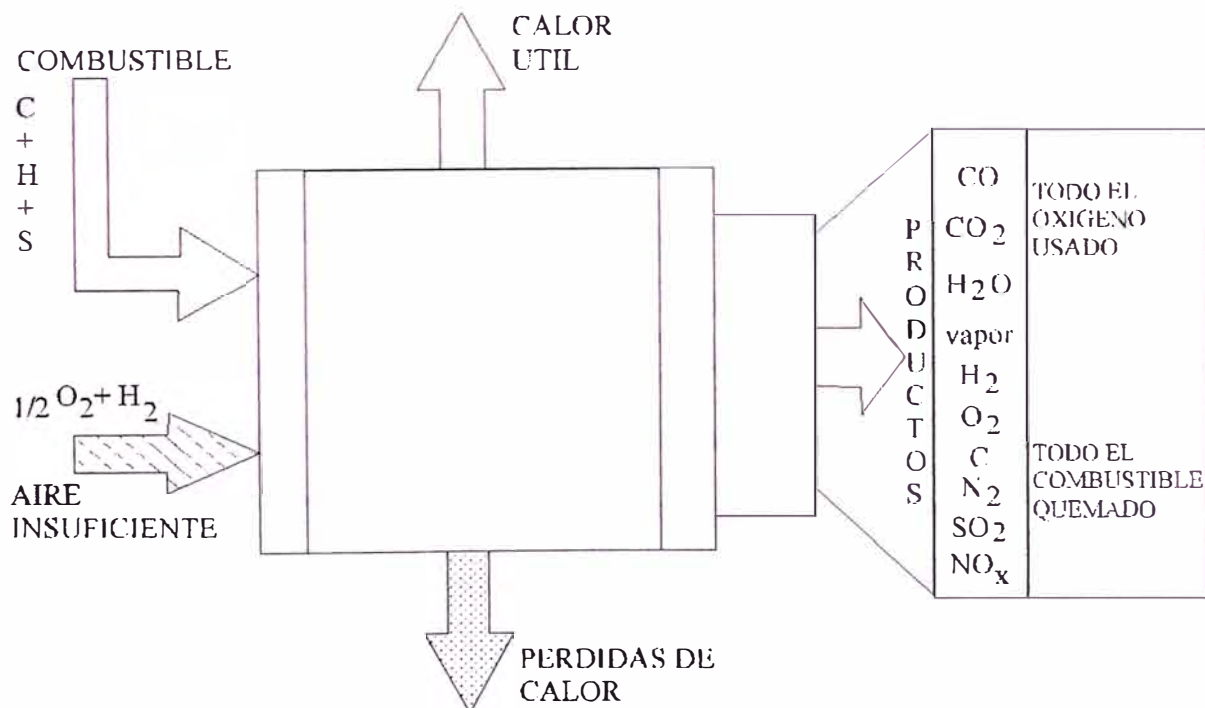


2.4 Combustión Incompleta con deficiencia de aire (Figura 6)

Este tipo de combustión se origina cuando el oxígeno presente en el aire, no alcanza siquiera el valor teórico para la formación de CO_2 , H_2O , SO_2 , etc., de este modo se genera como subproductos de la combustión el monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H) y partículas sólidas de carbono (C), azufre ó sulfuros (S).

Si consideramos que estos componentes eliminados a la atmósfera por la chimenea, contienen un contenido calorífico, se puede decir que las pérdidas por combustión incompleta son elevadas cuando se proporciona menos aire del necesario.

FIGURA 6 : COMBUSTIÓN INCOMPLETA CON DEFICIENCIA DE AIRE



3. Etapas de la Combustión de los Petróleos Residuales

Para la producción de calor en un equipo de fuerza en la industria, por medio de la combustión del petróleo residual, éste debe de pasar por las siguientes etapas:

- Etapa de Precombustión.
- Etapa de Combustión.
- Etapa de Postcombustión.

4. Etapa de Precombustión

4.1 Recepción en Planta.

El punto de partida para llevar a cabo una buena combustión del petróleo residual, exige el conocimiento de la calidad del producto y la forma de recepción del mismo, por ende, es muy importante tener en cuenta lo siguiente:

- a) Efectuar el control diario de la calidad del combustible y sobre todo, ó cuando se recepcione el petróleo.

Así, por ejemplo, la determinación de la gravedad API, es un sistema de control simple, rápido y efectivo, y si este es complementado con otros análisis, como la viscosidad, el contenido de agua y sedimentos, el contenido de cenizas, etc., ayudaran a calificar en forma segura al residual.

- b) Conocer las características del residual, eso implica el conocimiento de los rangos de variación de los residuales, basados en normas vigentes de INDECOPI.(Cuadro 10A y Cuadro 10B).

- c) Asegurarse que la cantidad del petróleo residual que ingresa a la planta es el correcto, tanto en volumen (galones), como en la cantidad facturada.

En la práctica cuando se habla de la cantidad facturada en los combustibles de alta viscosidad, se refiere al volumen a la temperatura de 60° F, debido a que estos combustibles, son calentados para facilitar su bombeo a temperaturas superiores a 100 ° F.

El hecho de incrementar la temperatura del residual, origina un incremento en el volumen, por lo que mayor será el incremento del volumen en tanto mayor sea la temperatura.

Por ello, se ha establecido que la comercialización de los residuales sea a la temperatura de 60° F , por eso, cuando es despachado en las plantas de venta se aplica el Factor de Corrección de Volumen con la Temperatura. Así por ejemplo, si un consumidor adquiere un Petróleo Industrial Nro. 6 a 120° F, y la gravedad A P I a 60 ° F de este residual es de 15.3 ; entonces el factor de corrección por el volumen es : 0,9763 (Tabla del Anexo 2). Si este consumidor compra 10,000 galones en volumen de este petróleo residual , entonces deberá pagar solo:

$$* 10,000 \text{ galones} \times 0,9763 = \mathbf{9,763 \text{ galones}}$$

Lo que implica que se le efectuará un descuento en el precio total, equivalente a 237 galones, en la facturación.

Para controlar que no existan sustracciones durante el despacho, en el transporte ó durante la descarga , el mejor sistema de control

consiste, en medir la densidad del petróleo en Kilos/Galón, y efectuar la corrección a 60° F, al mismo tiempo controlar el peso. Con estos datos, se divide el peso neto entre la densidad, obteniéndose el volumen neto a 60° F.

De esta forma, se podrá comparar el volumen facturado con el volumen neto recibido a 60° F

4.2 Almacenamiento en Tanques

Una necesidad y requerimiento inherente en la industria es el almacenamiento de los combustible en tanques, ya sean aéreos o enterrados, basada por el simple hecho de conservar un Stock permanente y mínimo, lo que hace una etapa intermedia entre la recepción del combustible y su combustión.

En el tanque, el petróleo residual se encuentra almacenado, y hasta que es utilizado tiene el tiempo necesario para degradarse (oxidación), formando materiales en suspensión, los cuales generan deficiencias tanto físicas como mecánicas en las posteriores etapas de la combustión cuando son utilizados.

La oxidación de los residuales ocurre de dos formas:

- a) En forma directa, por la combinación química del oxígeno del aire con los hidrocarburos del residual.
- b) En forma indirecta, por la acción de los metales (V, Ni, Cu, Fe, etc.) como catalizadores de la oxidación.

Por otro lado, el crecimiento de las bacterias, hongos y otros organismos en la interfaces agua-residual, favorecen la formación y acumulación de lodos, que también causan efectos nocivos en las etapas de combustión.

Un problema general en los tanques de almacenamiento es la corrosión de los mismos, causado por las sales disueltas en el agua depositada en el fondo del tanque (el cloruro de sodio, NaCl, por ejemplo). Pero la corrosión en los tanques, también se debe a la presencia de los ácidos constituyentes propios del petróleo residual.

En la figura 7 se muestra un tanque de almacenamiento para los residuales.

En la práctica, el problema mas frecuente en los tanques de almacenamiento es la acumulación de sedimentos, agua y barro en el fondo de los tanques. Estos provienen de las impurezas tales como areniscas, polvos, suciedad, etc. que generalmente adquieren los camiones cisternas durante el transporte; también provienen de la humedad y de la condensación del vapor de agua (vapores que no alcanzan a escapar por los respiraderos desde el interior del tanque). Otro medio de acumulación de estos sedimentos, proviene de la misma planta, durante la limpieza de los exteriores. También por descuido de los mismos operadores, ingresa suciedad a los tanques de almacenamiento durante los trabajos de rutina.

La eliminación del agua y borra en el fondo de los tanques, puede eliminarse mediante purgas de fondo, efectuados periódicamente (en los tanques aéreos); pero en los tanques enterrados, que no tienen forma de purga, la eliminación de los fondos se asegura con una limpieza interior del tanque, el cual se debe efectuar en periodos de 1 a 1,5 años, como recomendación práctica.

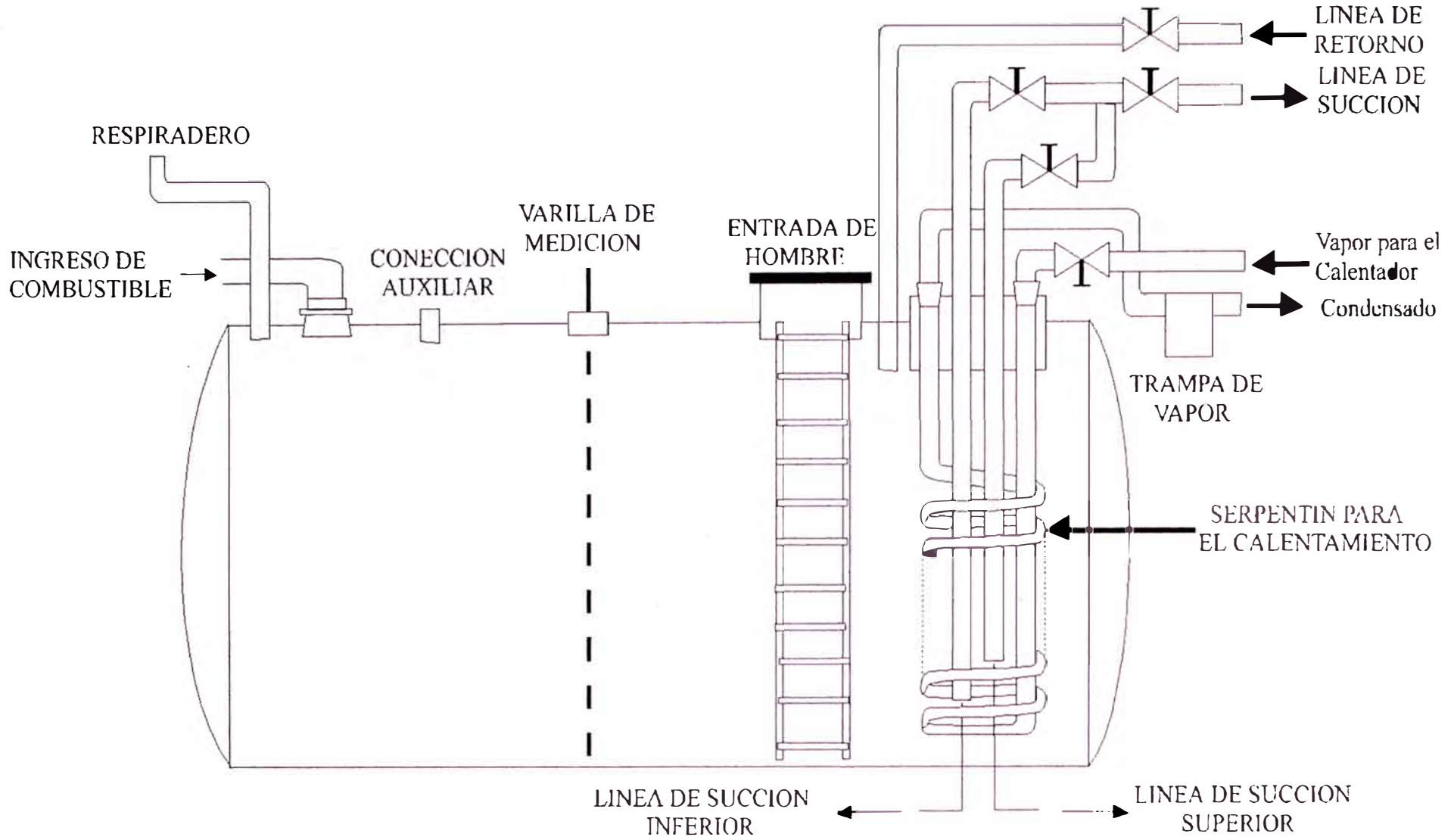


FIGURA 7 : TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA RESIDUALES

4.3 Precalentamiento para el bombeo y la atomización (spray) del residual

El buen manejo de la combustión del petróleo residual en la industria, se inicia en el precalentamiento para el bombeo y fundamentalmente para la atomización.

Cuando el combustible se va ha almacenar durante mucho tiempo, es muy importante conocer la viscosidad del producto con el cual se trabaja, sobre todo cuando se trata del Petróleo Residual Nro. 6 y el Petróleo Industrial R500.

Es sabido que la viscosidad es inversamente proporcional con la temperatura, por lo que cuando mas tiempo se encuentra almacenado el residual, sin ningún tipo de calentamiento, esté se conservará mas frío y su bombeo será mucho mas difícil.

En la industria para que el residual alcance la temperatura recomendable para el bombeo, depende únicamente del diseño del sistema de precalentamiento instalado en el tanque.

Normalmente se instala un serpentín de vapor ó resistencias en el interior del tanque, de esta forma todo el sistema se encontrará caliente y su bombeo será fácil; pero en contraparte, este sistema es susceptible a la pérdida de calor a través de toda la superficie.

Lo mas recomendable para evitar las perdidas, es calentar solo la salida del tanque (succión) con un sistema de resistencias eléctricas o serpentín de vapor.

El Cuadro 11, señala la temperatura de bombeo recomendable en función de la viscosidad del residual.

Antes que el petróleo residual ingrese a la tobera del quemador, el residual debe de alcanzar la temperatura mínima para que pueda ser pulverizado.

En el Cuadro Nro. 12, se señala la temperatura de atomización recomendable en función de la viscosidad del residual.

CUADRO 11 : Temperatura de Bombeo para Residuales

VISCOSIDAD SSF	TEMPERATURA DE BOMBEO ° F	
	<u>a 122° F</u>	<u>MÍNIMA</u>	MÁXIMA
100	80	90
150	90	100
200	100	105
250	105	110
300	110	115
400	115	120
500	120	125

CUADRO 12 : Temperatura de Atomización para Residuales

VISCOSIDAD SSF	TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN (° F)				
	<u>a 122° F</u>	<u>Tiro Forzado</u>		<u>Tiro Natural</u>	
		mínimo	máximo	mínimo	máximo
100	180	200	200	220	
150	195	205	205	235	
200	205	215	215	245	
250	215	225	225	255	
300	215	230	230	260	
400	220	240	240	265	
500	230	250	250	275	

4.4 Circuito de Transporte del Residual

La figura 8, muestra el circuito de transporte del residual.

La descripción del circuito es como sigue:

- Comienza con la recepción del petróleo residual en la planta. La entrega lo efectúa el transportista con su camión cisterna.
- La descarga se efectúa directamente en el tanque de almacenamiento por gravedad. Algunas industrias utilizan bombas en la descarga, con acoplamientos Bomba-Camión, mediante mangas lo que favorece el tiempo de la descarga.
- Normalmente se trabaja con un tanque auxiliar de menor capacidad llamado **tanque diario**. Este tanque es llenado de acuerdo al consumo del combustible del equipo de fuerza, por horas, por turnos o por día, y para ello requiere de la bomba alimentadora B1.
- En el tanque de almacenamiento, es donde se inicia el precalentamiento del residual, y desde este lugar que es bombeado con la bomba B1 al tanque diario. El precalentamiento en el tanque, se efectúa sólo para vencer la viscosidad del residual para su fácil transporte en la cisterna. En el tanque diario se calienta mas el combustible, con el objeto de facilitar el calentamiento para la atomización.
- La bomba B2 se utiliza para alimentar de combustible al quemador y para alcanzar la temperatura de atomización, se utiliza un precalentador eléctrico ó un intercambiador de calor.

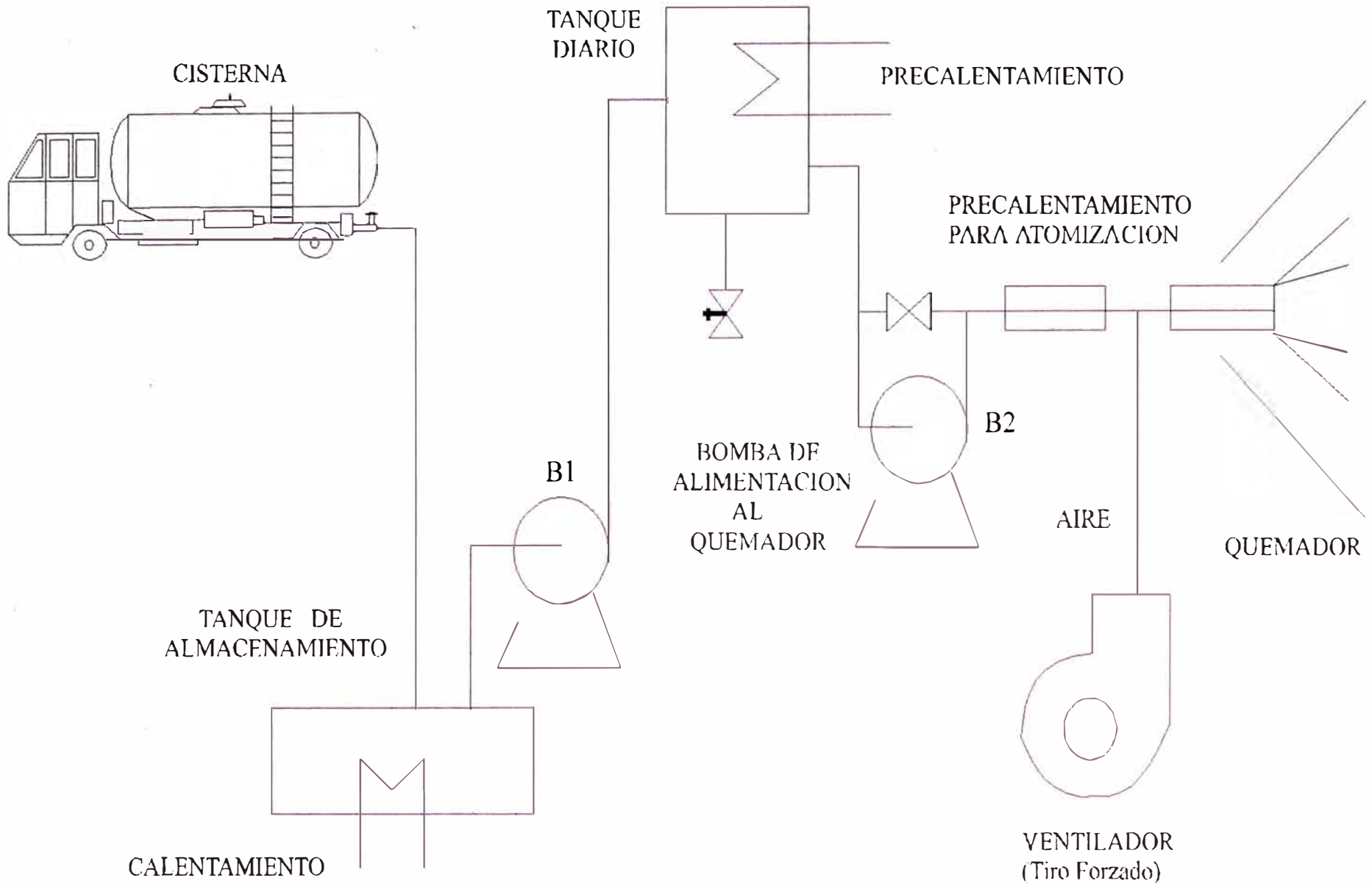


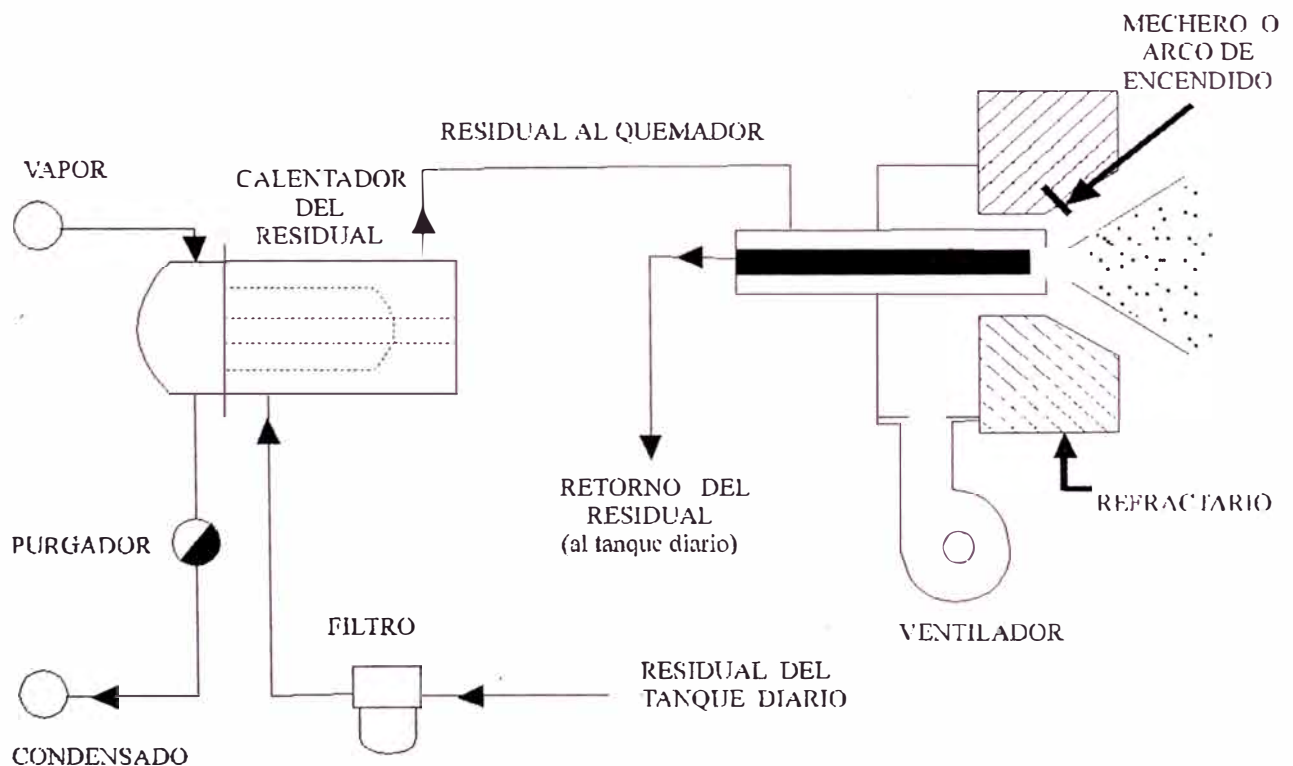
FIGURA 8 . CIRCUITO DE TRANSPORTE DEL RESIDUAL

Cuando se utiliza un intercambiador de calor con vapor, el encendido del equipo de fuerza se hace con petróleo diesel o gas, ya que estos no se necesitan ser calentados para la atomización, y cuando se haya producido vapor, se inyecta el vapor al intercambiador de calor, iniciando el precalentamiento del residual. En la práctica, es mas recomendable el uso de los precalentadores mixtos, (figura 9).

En este caso para el encendido del equipo de fuerza, se utiliza primero el calentador eléctrico, y cuando ya existe vapor se utiliza el intercambiador de calor.

Antes de ingresar al quemador el combustible residual, se debe de encontrar con el aire, el cual es proporcionado por un ventilador (tiro forzado).

FIGURA 9: PRECALENTAMIENTO PARA LA ATOMIZACIÓN DEL RESIDUAL



5. Etapa De Combustión

En la práctica, la finalidad de la combustión de un petróleo residual es la producción de calor, por ello, es conveniente para explicar los fenómenos físicos - químicos que ocurren en el hogar o cámara de combustión del equipo de fuerza, hacer una descripción de cada una de las etapas por el cual pasa el combustible antes de ser quemado. Así tenemos, la atomización, la gasificación, el craqueo en fase líquido, el craqueo en fase gaseoso, la combustión de los gases del hollín y del coque.

5.1 La atomización del petróleo

El petróleo residual una vez que haya alcanzado la temperatura de atomización recomendada para el tipo de combustible, ingresa al quemador. Una de las principales funciones del quemador será la de dividir al residual en pequeñas gotas (se estima que por cada 1 cm³ de combustible, se deberá dividir en 7 millones de pequeñas gotas), con el objeto de presentar la mayor superficie específica.

Teniendo en cuenta que el tamaño de las gotas depende únicamente de la tensión superficial y la viscosidad del residual, y estas a su vez son inversamente proporcional a la temperatura ; será el quemador quien deberá aportar la energía necesaria para realizar la correcta atomización, ya sea en forma de energía de `presión, o de energía cinética, logrando de esta forma:

- (1) Una mayor velocidad de reacción de combustión.
- (2) Una combustión homogénea.
- (3) Un buen control de suministro de aire.

5.2 Calentamiento y Gasificación

El residual una vez pulverizado en pequeñas gotas el residual, es impulsado al interior de la cámara de combustión. En esa zona, la temperatura es elevada, y gradualmente las finisimas gotas serán calentadas hasta la temperatura que permitan su gasificación.

Si consideramos que los petróleos residuales es una mezcla heterogénea de componentes y estos no tienen propiedades físicas similares en cuanto a calor específico y puntos de inflamación, se producirán varios efectos durante la gasificación de los residuales.

- (a) Las gotitas del residual conformadas por la fracción mas liviana (diesel), usado para la reducción de la viscosidad, quemará mas rápidamente, ya que su gasificación es bien rápida.
- (b) Las gotitas del residual conformado por la fracción intermedia, sobre todo constituido por hidrocarburos de relación $C/H = 8$, se gasifica sólo parcialmente; la otra parte cuya proporción dependerá de las condiciones en que se efectúa la atomización y la atmósfera en la zona de calentamiento, se craqueará en una parte que se volatiza (hidrógeno) y otra que se solidifica (coque).
- (c) Las gotitas del residual conformado por la fracción mas pesada, constituido básicamente por los asfáltenos é impurezas sólidas (cenizas), debido al calentamiento, provocará que el hidrogeno se volatice fácilmente,

dejando un **coque** denso de naturaleza grafitica que no se llega a gasificar, conformado con las cenizas una fracción sólida que se puede quedar depositada ó ser arrastrada por los gases de combustión.

5.3 Formación del Coque y Hollín

El Coque, es producto del craqueo del residual en fase líquida, sometida a un fuerte gradiente de temperatura en el momento que se ingresa a la cámara de combustión.

El Hollín, proviene del craqueo en fase gaseosa del combustible, después de la evaporación inicial de las gotas de liquido. El diámetro promedio de estas partículas es muy pequeño, algunos llegan a unas centenas de Angstrons (A°).

El coque a diferencia del hollín, se presenta en forma de residuos esponjosos de carbono, de diámetros muy altos (algunas decenas de micrones), casi del mismo orden del tamaño que las gotas obtenidas en la pulverización.

5.4 Características de la llama

La llama es el espacio ó medio gaseoso donde se desarrollan las reacciones de combustión, produciendo radiaciones luminosas de origen tanto térmico como químico, y representa las condiciones en que se desarrolla la generación de calor.

La creación y mantenimiento de una llama apropiada, es un requisito previo é imprescindible para el máximo aprovechamiento de la energía contenida en el combustible, donde la mezcla aire-combustible es la fuente de la llama, y el

quemador es su creador, vigilante y conservador.

En el caso de los residuales, la manifestación visible de la llama representa una buena oportunidad de conocer la forma y eficiencia con que se realiza la combustión; tanto la forma como la coloración de la llama, resultan factores de importante utilidad para controlar el proceso de combustión.

5.4.1 Forma de la llama

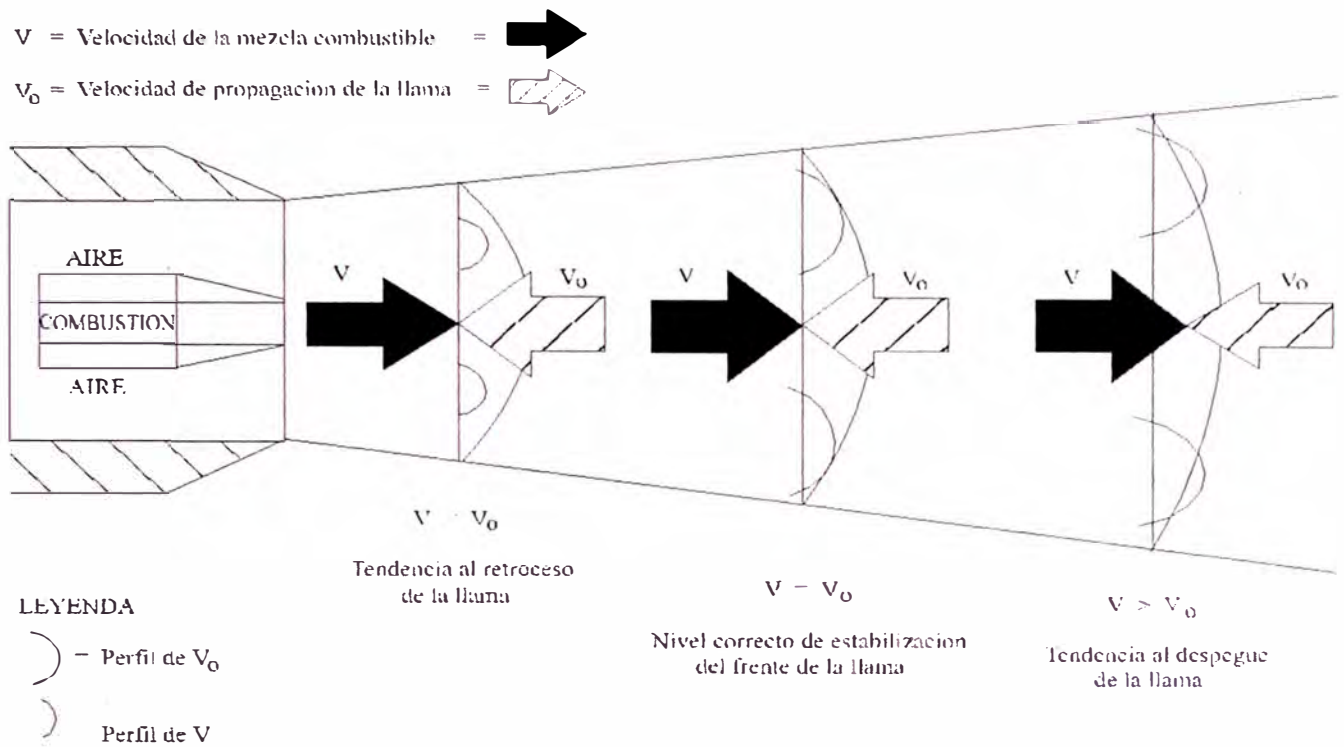
La forma de la llama de los residuales se puede definir claramente, pues en toda su extensión presenta manifestaciones visibles a simple vista.

Desde el punto de vista del quemador, se observará un chorro de combustible atomizado en proceso de calentamiento y mezcla con el aire antes de encenderse en el llamado frente de llama, donde se inicia la extensión de la misma (figura 10).

A lo largo y ancho, la forma de la llama quedará marcada por la coloración que manifiesta las partículas de carbón y metales incandescentes.

Es importante considerar que la llama deben de tener la forma y dimensión que se ajusten a la cámara de combustión y/o características del proceso, debiendo desarrollarse en un espacio libre, sin tocar ningún punto de las paredes ó cuerpos extraños.

FIGURA 10 : NIVEL DE ESTABILIZACION DEL FRENTE DE LLAMA



5.4.2 Color de la llama

Al encenderse la llama, se presenta una coloración que permite observar el propio frente de la llama, por encontrarse a partir de ese punto partículas de carbón que al calentarse hasta la incandescencia, emiten en el espectro visible la coloración de la llama que identifica los productos intermedios de la combustión de los hidrocarburos, es decir, los aldehidos, las cetonas, etc.

En el extremo final, la coloración desaparece porque termina la llama.

La razón porque termina la llama es que ya el material combustible ha reaccionado totalmente ó porque la temperatura en esa zona ya resulta insuficiente para que

siga produciéndose las reacciones de combustión, quedando una parte del combustible como inquemados que se depositan en el interior del hogar o salen por la chimenea como gases.

El color de la llama de los residuales, en la práctica, resulta un criterio muy útil para conocer la temperatura que se produce en cada punto.

En el Cuadro 13 se presentan las equivalencias de temperaturas que corresponden a los colores comúnmente observados en los diferentes tipos de llama.

CUADRO 13: Temperaturas correspondientes a colores observados en la llama

COLOR	$^{\circ}\text{F}$	$^{\circ}\text{C}$
Rojo suave	900	480
Rojo suave a Rojo oscuro	900 - 1200	480 - 650
Rojo oscuro a Rojo cereza	1200 - 1400	650 - 760
Rojo cereza a Rojo cereza brillante	1400 - 1500	760 - 815
Rojo cereza brillante a Naranja	1500 - 1650	815 - 900
Naranja a Amarillo	1650 - 2000	900 - 1090
Amarillo a Amarillo brillante	2000 - 2400	1090 - 1320
Amarillo brillante a Blanco	2400 - 2800	1320 - 1540
Blanco a Blanco deslumbrante.	Mas de 2800	Mas de 1540

6. Etapa De Postcombustion

El conocimiento de la combustión nos conlleva a decir que los petróleos residuales pueden ser quemados con la misma eficiencia que los combustibles mas livianos, porque con niveles adecuados de calentamiento para cada tipo de quemador se compensa la gran diferencia en los valores de viscosidad que existen entre uno y otro combustible. Esto significa que si la técnica es la apropiada en las etapas de precombustión y combustión, no se podría marcar las diferencias entre estas etapas, cuando se utiliza combustibles diferentes.

Por el contrario, en la etapa de postcombustión, el uso de los combustibles destilados y los residuales, es totalmente notoria, por resultar ineludible afrontar la presencia de impurezas propias de los residuales, tales impurezas, como el azufre, el vanadio, el sodio, etc. y otros elementos son muy difícil de encontrar en los combustibles destilados y son precisamente estos elementos los que marcan las diferencias en esta etapa.

La acción y efecto de las impurezas definen los problemas típicos en esta etapa, así tenemos:

- La corrosión a baja temperatura o corrosión ácida, formado a partir de los vapores del azúfre del petróleo durante la combustión, y que forman parte de los gases de combustión. Estos condensan y se depositan en el material refractario y superficies metálicas del equipo, cuando encuentran temperaturas frías.
- La acumulación de depósitos en hogar del caldero, así como las incrustaciones en las paredes de superficie de calor.

- La corrosión a alta temperatura o corrosión por cenizas fundentes, esto se debe a las cenizas del residual que forman compuestos de bajo punto de fusión.
- La contaminación ambiental, se produce a causa de la evacuación de partículas sólidas y gases por la chimenea.

6.1 Corrosión ácida a baja temperatura

La presencia del azúfre en los petróleos residuales es el factor que determina que uno de los principales riesgos sea la formación de ácido sulfúrico (H_2SO_4) como vapor en los gases de combustión, y por ende, su eventual condensación sobre las superficies metálicas y refractarias, sobre todo en las zonas frías provoca un rápido y progresivo deterioro en el equipo.

Si consideramos que la eficiencia térmica del caldero se incrementa con disminución de la temperatura de los gases de chimenea, la presencia de azúfre ofrece una limitación en tal sentido, por lo que resulta necesario que los gases de chimenea no descienda de $175^\circ C$ ($350^\circ F$), para evitar que desciendan hasta el punto de rocío del ácido sulfúrico y condensen los vapores.

6.1.1 Mecanismos de la formación del ácido

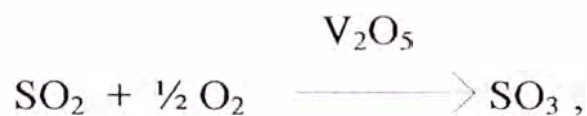
Para la formación del ácido, se produce por las siguientes reacciones:

- (a) La oxidación del azúfre “S”, dando lugar a la formación SO_2 , con la producción de calor.



- (b) La oxidación del SO_2 en la zona de llama. Esta combustión depende del nivel del **exceso de aire** y del contenido de azufre en el combustible.

Normalmente la oxidación de SO_2 se ve favorecida por la presencia de catalizadores formados durante la combustión como el V_2O_5 (pentóxido de vanadio) y el Fe_2O_3 (óxido férrico).



de esta relación podemos deducir que la reacción de formación del SO_3 se ve favorecida tanto del exceso de aire, como del contenido de vanadio en el residual.

- (c) La hidratación del SO_2 con el vapor de agua (H_2O), sub producto de la combustión.



6.1.2 Formas de prevenir la corrosión ácida

Se puede prevenir de las siguientes formas:

- (a) Evitar el enfriamiento de los gases de combustión en el interior de los equipos, para esto se debe conservar temperaturas por encima del punto de rocío del ácido sulfúrico (350°F).
- (b) Procurar trabajar con el mínimo nivel de exceso de aire, para minimizar la formación del SO_3 , pero se debe

tener en cuenta de que el hecho de reducir el exceso de aire al nivel mínimo, no implica descuidar la formación de inquemados.

- (c) Utilizar materiales resistentes a la corrosión, tales como vidrio, teflon, etc., permitiendo disminuir la temperatura de los gases de combustión hasta los niveles mas bajos, logrando mejores eficiencias.
- (d) Inyectar al combustible aditivos del tipo **Orgametálico**, principalmente Benzato de Magnesio. El magnesio del complejo organometálico produce el Oxido de Magnesio (MgO), el cual inhibe la reacción de SO₂ a SO₃, pues forma MgSO₄ (polvo seco suelto).

6.2 Formación de depósitos e incrustaciones.

La luminosidad de la llama se debe a la presencia de partículas en estado de incandescencia. Estos sólidos están conformados por las cenizas contendida en el combustible, por el coque y hollín del proceso de combustión, que se van acumulando formando depósitos (normalmente se acumulan en el piso ó en la parte de fondo del hogar).

Los depósitos formados, por su naturaleza parcialmente metálica, al acumularse forman capas internas que se endurecen y consolidan en formaciones de gran dureza, difícilmente removible y que podrían cubrir parcialmente las superficies de transferencia de calor. Cuando tales depósitos se forman sobre superficies de calefacción ó paredes refractarios, se

denominan incrustaciones, y su influencia sobre la eficiencia del sistema es negativa.

6.3 Corrosión por cenizas fundidas ó corrosión a alta temperatura

Aunque los combustibles residuales contienen una gran variedad de impurezas, resultan determinante el azufre (S), el sodio (Na) y el vanadio (V), como los elementos que forman los compuesto que originan la corrosión por cenizas fundidas.

En el cuadro 14, se muestra los compuestos que forman los depósitos é incrustaciones, con sus respectivos puntos de fusión.

La corrosión por cenizas, implica siempre una fase fundida que ataca el óxido protector y permite la oxidación de las superficies metálicas, actuando como transportador de oxígeno.

Las condiciones para que se originen la corrosión por cenizas fundidas son:

- (a) Deben de existir un nivel de contaminante suficiente en el combustible para que generen ciertos compuestos corrosivos en los depósitos.
- (b) Debe de existir un nivel de temperatura elevada en los refractarios y las superficies metálicas que permitan la existencia de una fase fundida. Esta temperaturas están relacionadas con los puntos de fusión de los principales compuestos de las cenizas, dados en el cuadro 14

Cuadro 14 : Puntos de Fusión de los depósitos mas frecuentes

A	COMPUESTOS QUE FORMAN ESCORIA	° C
	Pentóxido de Vanadio (V ₂ O ₅)	674
	Sulfato de Sodio (Na ₂ SO ₄)	879
	Sulfato de Níquel Ni ₂ (SO ₄) ₃	839
	Metavanadato de Sodio (Na ₂ O . V ₂ O ₅)	629
	Pirovanadato de Sodio (2Na ₂ O . V ₂ O ₅)	639
	Ortovanadato de Sodio (3Na ₂ O . V ₂ O ₅)	849
	Ortovanadato de Níquel (3Ni ₂ O . V ₂ O ₅)	898
	Vanadil Vanadato de Sodio (Na ₂ O . V ₂ O ₄ . 5V ₂ O ₅)	624
	Trisulfato de Hierro y Sodio (2Na ₃ Fe (SO ₄) ₃)	621
B	COMPUESTOS QUE FORMAN ESCORIA	° C
	Oxido de Magnesio (MgO)	2500
	Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃)	2048
	Oxido de Calcio (CaO)	2572
	Aluminato de Magnesio (MgAl ₂ O ₄)	2135
	Oxido de Manganeso (MnO ₂)	1649
	Oxido de Níquel (NiO)	2090
	Trióxido de Vanadio (V ₂ O ₃)	1970
	Tetraóxido de Vanadio (V ₂ O ₄)	1970
	Vanadatos de Magnesio (MgO . V ₂ O ₅)	1074-1243
	Trisulfatos de Magnesio y Sodio (Na ₂ Mg ₂ (SO ₄) ₃)	1126
C	OTROS COMPUESTOS	° C
	Metavanadato Férrico (Fe ₂ O ₃ . V ₂ O ₅)	859
	Vanadato Férrico (Fe ₂ O ₃ . 2V ₂ O ₅)	854
	Sulfato de Calcio (CaSO ₄)	1448

(c) Los materiales refractarios y aleaciones metálicas deben ser susceptibles al ataque por las cenizas.

Existen aleaciones metálicas como 50% Cr y 50% Ni , ó 60% Cr y 40% Ni que sufren ataques por cenizas pero en menor grado, así mismo, los refractarios cerámicos tienen mejor rendimiento frente a la corrosión por cenizas fundidas.

El cuadro 15, muestra las reacciones de corrosión a alta temperatura por cenizas fundidas.

CUADRO 15: Reacciones de Corrosión a Alta Temperarura

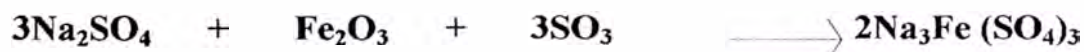
CONTENIDO EN EL COMBUSIBLE DE SODIO Y AZUFRE

1) Oxido de sodio + Tríoximo de azúfre \longrightarrow Sulfato de sodio



Punto de fusión, 1615 ° F

2) Sulfato de sodio + Oxido ferroso + Tríoximo de azúfre \longrightarrow Sulfato de sodio y hierro



Punto de fusión, 1150 ° F

3) Sulfato de sodio + Pentóximo de vanadio \longrightarrow Complejo de oxido de sodio y vanadio + tríoximo de azufre.



Punto de fusión, 1160 ° F

4) Complejo de oxido de sodio y pentóximo de vanadio + hierro \longrightarrow Complejo de oxido de sodio-tetroxido de vanadio-pentoxido de vanadio + oxido ferrico



7. El Uso De Aditivos

La naturaleza propia de los petróleos residuales exige evitar ó minimizar los efectos negativos de las impurezas y los componentes mas pesados, durante los procesos de combustión.

El uso de aditivos resulta siempre factible para los problemas generales. Los aditivos de petróleo son productos diseñados para un problema específico, y su formulación trata de una combinación de compuestos químicos tales como: solventes orgánicos, elementos dispersantes, tensoactivos, aminas volátiles, carboxilatos de manganeso, etc. .

Al emplear aditivos en los petróleos residuales, se persiguen objetivos tanto en la precombustión, y combustión, como en la postcombustión.

7.1 Aditivos de Petróleo para la precombustión y combustión

Los aditivos en esta etapa deberán de cumplir las siguientes funciones:

- (a) Dispersar los barros y lodos en el tanque de almacenamiento, convirtiendolo en material útil. De esta forma se elimina los problemas de ensuciamiento de filtros, ductos, tanques auxiliares, boquilla del quemador, etc.
- (b) Debe de mejorar la atomización y facilitar el bombeo. Esto se consigue con la reducción de la tensión superficial, con el empleo de aditivos (solventes y surfactantes) que reducen el **pour point** de los componentes pesados del combustible.
- (c) Deberá emulsionar el agua con el petróleo. Esta emulsión se debe de efectuar en forma de pequeñas gotas, de tal forma que no tenga incidencia durante el quemado del combustible.

7.2 Aditivos del Petróleo para la postcombustión

Los aditivos de esta etapa deberá de cumplir lo siguiente:

(a) Deberá de neutralizar la acidez de los gases de combustión. Esto significara que deberá lograr inhibir la formación de SO₃.

El neutralizar la acidez nos da una idea que los óxidos metálicos (como el V₂O₅ por ejemplo), reduce su función de catalizador de la reacción;



y por ende, disminuye también la formación de otros óxidos metálicos.

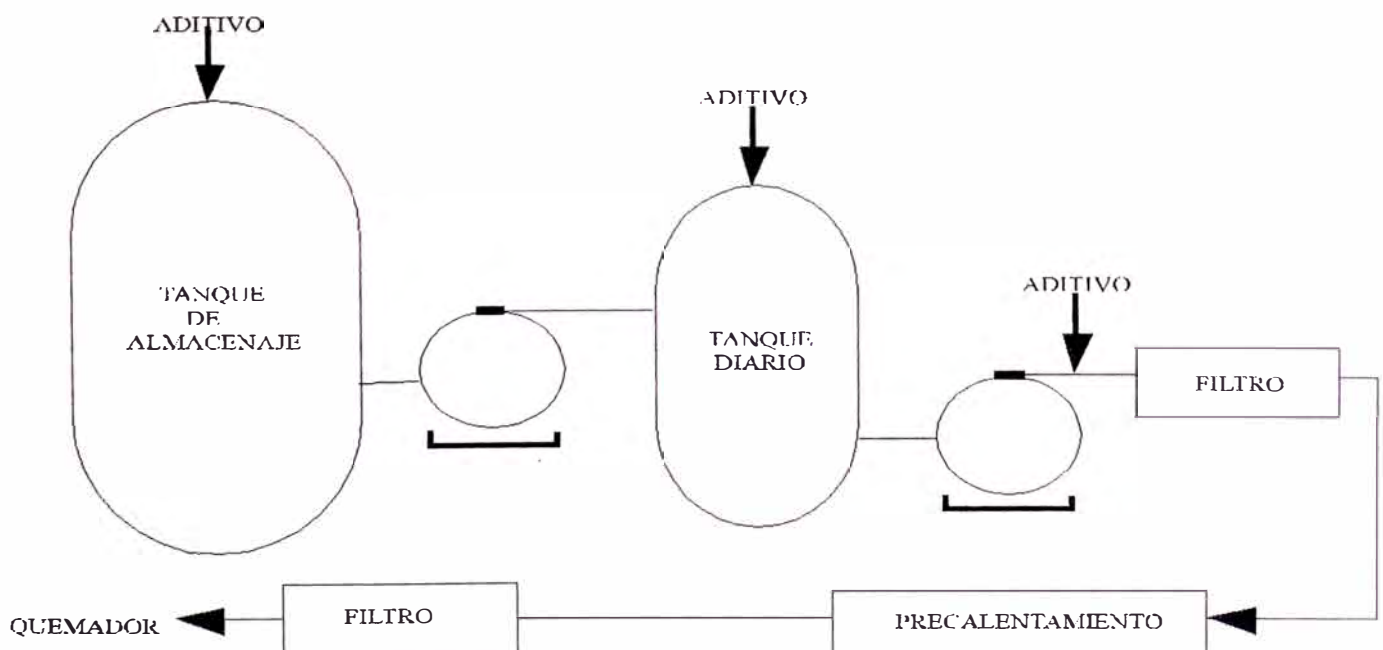
(b) Deberá de controlar la formación de depósitos e incrustaciones producidos por la presencia de sodio, azufre y vanadio.

(c) Deberá de ejercer una acción de limpieza sobre las superficies de calentamiento, permitiendo de esta forma el máximo de transferencia.

Una forma de efectuar la aditivación en las plantas industriales en la figura 11, en ella se indican los puntos en los cuales se deberá dosificar el aditivo para una mejor aplicación.

En el cuadro 16 se indican los tipos de aditivos mas empleados en la practica industrial, así como su función y naturaleza del mismo.

FIGURA 11 : USO DE ADITIVOS EN PLANTAS INDUSTRIALES



CUADRO 16: Aditivos mas empleados en la practica industrial

TIPO	FUNCIÓN PRIMARIA	NATURALEZA
PRECOMBUSTION		
Dispersantes	Previene aglomeración de partículas evitando la formación de lodos y barro que ensucian los tanques, líneas y filtros.	Solventes orgánicos Alqu- naftenos y tuoleno
Antioxidantes	Evita la reacción de oxígeno con hidrocarburos previniendo la formación de gomas ó polimerización	Aminas
Inhibidores de corrosión	Neutralizan los compuestos corrosivos de sales y compuestos organometalios del combustible	Amino fosfatos
Solventes	Mantienen en solución las gomas, barnices, resinas y algunos compuestos parafinicos.	
Emulsificantes	Modifican la tensión superficial de las gotas de agua y aceite permitiendo que las pequeñas gotas de agua permanezca en suspensión.	Alcohol isopropilico.
Desemulsificantes	Aceleran la separación de agua-aceite facilitando el drenaje de agua por el fondo del tanque.	Tolueno y metanol
Fluidizantes	Modifican la matriz de los cristales parafinicos del combustible, disminuyendo su punto de fluidez.	Olefinas y esteres polimericos
Biocidas	Destruyen y previenen el crecimiento de micro organismos que se desarrollan en la interfaces agua-aceite.	
COMBUSTIÓN		
Catalizadores de Combustión	Disminuye el punto de ignición del carbono, permitiendo menores excesos de aire.	Mn, Cu y Ba
Atomizadores	Disminuye la tensión superficial del combustible permitiendo la formación de menores diámetros de gotas.	Trinitrofanol y picrato de hierro
POSTCOMBUSTION		
Modificadores de escoria	Aumentan el punto de fusión de los vanadatos formando depósitos no reactivos y de fácil remoción	Mg, Al, Ca, y Mn
Controladores de Corrosión	Aumentan el pH de los depósitos debidos a sus propiedades alcalinas	Óxidos de Mg y Al_2O_3 . CO_3Ca y CO_3Mg

7.3 Criterios para la selección de aditivos

Los criterios para la selección del aditivos, están en función de los problemas que se presentan durante las tres etapas consideradas: Precombustión, Combustión, y PostCombustión.

En cada caso, resulta necesario conocer las características del combustible empleado, para seleccionar el aditivo mas apropiado.

En la **Zona de Precombustión**, podría bastar con observar las condiciones del tanque de almacenamiento, la presencia de partes afectadas por la corrosión, nos haría pensar en agentes nocivos para el metal, tales como el azufre, los cloruros, los sulfatos, etc., los cuales en presencia del agua atacan fuertemente a las superficies metálicas, siendo en tales caso necesario el uso de inhibidores de corrosión, antioxidantes o una mezcla de ambos.

La presencia de agua podría formar emulsiones con el combustible, promoviendo el crecimiento bacterial en la fase acuosa, esta bacterias generalmente sulforeductoras, reducen los sulfatos a sulfuros, que atacan a las superficies metálicas, y de esta forma se reduce el tiempo de vida de los tanques y líneas de combustibles, por la corrosión; en estos casos, los rompedores de emulsión, así como el uso de biocidas, reducirían drásticamente estos problemas.

En el caso de los residuales es muy común la formación de lodos y sedimentos como productos de la polimerización de los asfáltenos y compuestos insaturados, estos originan ensuciamiento muy frecuente de los filtros y líneas; el uso de

solventes y dispersantes son de gran ayuda para minimizar tales inconvenientes.

En la **Zona de Combustión**, algunas veces es necesario, por las características del proceso, trabajar con la menor cantidad de oxígeno posible; resultando necesario prevenir que no se incremente la proporción de inquemados.

Los catalizadores de combustión cumplen esta función, al disminuir la temperatura de ignición del carbono, permitiendo trabajar con menores excesos de aire; asimismo, el uso de microexplosivos componentes de estos aditivos, cuya función es dividir aún más las gotas que se forman durante la atomización, aumentando con ello la superficie específica y acelerando la combustión, también resultan aplicables y eficientes para tales propósitos.

En la **Zona de Postcombustión**, tanto para prevenir los efectos causados por la corrosión ácida (baja temperatura) o corrosión por cenizas de vanadio (alta temperatura), todos los aditivos empleados están formulados en base al magnesio, y eso depende de la forma química en que se presente el magnesio (benzoato, sulfonato, hidróxido, óxido, etc.).

Un criterio particularmente importante lo constituye la facilidad con que el aditivo puede dispersarse homogéneamente en el residual.

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

Se denomina contaminación ambiental a la presencia en el aire de sustancias o formas de energía que alteran su calidad, de modo que implique riesgo, daño o molestia grave para las personas y bienes de cualquier naturaleza.

En el caso específico de la operación de Calderos Industriales, los niveles de contaminación que interesa determinar y mantener bajo control se orientan a mantener condiciones adecuadas en el radio de acción del propio caldero y evitar la emisión de contaminantes a la atmósfera.

1. Contaminación por los Óxidos de Azufre : Lluvia Ácida

Debido a la presencia del azufre en el petróleo residual, durante la combustión se forman en estado gaseoso el SO_2 , el SO_3 y el H_2SO_4 , y al tratar de evitar la condensación de H_2SO_4 en el interior del caldero, estos gases saldrán por la chimenea provocando contaminación atmosférica. Sin embargo, si consideramos que el SO_2 se oxida a SO_3 en la atmósfera por acción de la energía solar, aún cuando ésta reacción sea lenta, la contaminación se da de todas formas.

Por su parte, el SO_3 en la atmósfera se transforma con gran rapidez en ácido sulfúrico (H_2SO_4) por la humedad ambiental. Durante las lluvias, el SO_3 es absorbido por el agua, precipitando y dando lugar a la lluvia ácida.

La presencia de partículas acompañadas de SO_2 y sus derivados pueden producir, según los niveles de concentración en que se encuentren,

desde leves irritaciones en las vías respiratorias hasta claros aumentos en la mortalidad, sobre todo en personas con afecciones bronco pulmonares. De otro lado, la presencia de sulfatos provoca necrosis en los nervios vegetales, con la subsiguiente caídas de las hojas. Estos trastornos pueden ocurrir a partir de una concentración de alrededor de 0.03 ppm de SO_2 .

2. Contaminación Ambiental por el Monóxido de Carbono (CO)

Este gas se presenta normalmente como producto de una combustión incompleta por deficiencia de aire (oxígeno) ó una deficiente mezcla entre el aire y el combustible.

Niveles de 20 hasta 120 ppm resultan muy frecuentes y hasta normales en el caso de calderos que utilizan combustibles residuales. En presencia de oxígeno automáticamente forma CO_2 , por lo que su nivel de contaminación y riesgo se limita las zonas cercanas a los puntos de emisión (la chimenea).

El monóxido de carbono es letal, puesto que al ser inhalado, forma con la hemoglobina de la sangre un compuesto estable (carboxihemoglobina); esta queda en el circuito sanguíneo, reduciendo el nivel de hemoglobina libre, y, por lo tanto disminuye la oxigenación del organismo. Sus efectos causan sueño, vómitos e incluso en cantidades mayores a 400 ppm pueden causar la muerte.

3. Contaminación por el Dióxido de Carbono (CO_2)

El dióxido de carbono es un gas que se encuentra en la atmósfera en una proporción de 311 ppm o 0.03% en volumen. Aún en niveles altos no es venenoso, pero puede producir asfixia debido a los bajos niveles de oxígeno.

El CO_2 presenta el oxígeno ligado y sólo puede ser liberado por la acción de las plantas a través de la fotosíntesis. La industria es el mayor aportador de estos gases.

El desequilibrio entre la producción de CO_2 a partir de los procesos de combustión y de O_2 a partir de procesos de fotosíntesis está produciendo un aumento de la concentración de CO_2 en la atmósfera que resulta un factor de contaminación ambiental.

Teniendo el CO_2 una excelente emisividad, es decir, capacidad para absorber y emitir calor por radiación, al aumentar su contenido en el aire atmosférico respecto de los gases diatómicos de baja emisividad (N_2 y O_2), mejorará la transferencia de calor por radiación de la energía solar a la atmósfera, produciendo un aumento de la temperatura de la tierra. Este es el fenómeno conocido como el **efecto invernadero**.

4. Contaminación por los óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Los óxidos de nitrógeno (NO_x) se producen en el curso de la combustión y se presentan en las formas de NO (monóxido ú óxido nitroso) y el NO_2 (óxido nítrico ó dióxido de nitrógeno). Otro óxido que también se forma, es el N_2O , el cual no se considera contaminante al no ser tóxico y no participar en reacciones fotóquímicas. El N_2O se forma a partir de la reacción entre el nitrógeno y el oxígeno a elevadas temperaturas, normalmente en el interior de la llama :

- a. Por fijación térmica del nitrógeno molecular (aire) en las zonas de temperatura mas elevada.
- b. Por conversión (desvolatilización y oxidación) del nitrógeno orgánico combustible, en las zonas de temperatura mas baja.

El nitrógeno está siempre presente, aportado por el combustible y/o aire, por lo cual a diferencia de los óxidos de azufre, siempre se encontrarán en los gases de combustión.

La cantidad formada de NO y NO_2 depende de la temperatura de combustión y de la disponibilidad de oxígeno en la cámara de combustión. De hecho, a partir de $1,093\text{ }^\circ\text{C}$ empieza a aparecer NO y NO_2 .

El componente mas peligroso para la salud es el NO_2 . Representa apenas el 5% de la mezcla $\text{NO} + \text{NO}_2$ que se elimina por la chimenea, pero en la atmósfera una parte importante de NO se convierte en NO_2 .

Dependiendo de la capacidad de los calderos y las condiciones de operación, los gases, que eliminan por la chimenea contienen entre 200 y 800 ppm de NO_x .

En materia de calidad del aire, la Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda para mantener atmósferas saludables, un valor guía para la concentración en NO_2 comprendido entre 0.1 a 0.15 ppm, para un tiempo de exposición de una hora.

Se ha podido comprobar que el NO_2 no posee efectos tóxicos importantes a las concentraciones que normalmente se detectan en las zonas urbanas. Por otro lado, se ha observado en muchos casos, que concentraciones de NO_2 del orden de 0.05 hasta 0.1 ppm, sostenidas por un espacio de 6 meses, producen un claro aumento en la frecuencia de afectaciones respiratorias agudas.

En cuanto a los vegetales hay constancia que precisan de 0.25 a 0.3 ppm para que después de una exposición continuada, se aprecien daños en los cultivos por caída de hojas y disminución de los rendimientos.

5. Contaminación por la emisión de partículas sólidas

Los sólidos emitidos en los gases de chimenea están conformados por dos tipos de partículas : cenizas y material inquemado.

a. Cenizas .

Esta clase de sólidos sólo se presentan en el caso de combustión de residuales. Están constituidos por sedimentos e impurezas metálicas presentes en formas de compuestos organometálicos. Durante la combustión se forman óxidos de vanadio, fierro, níquel, etc. que al combinarse con el SO_3 formado, son emitidos en forma de sulfatos.

La emisión total de estos compuestos puede alcanzar niveles considerables por constituir un objetivo importante en la operación de calderos industriales el evitar que se queden dentro del caldero, donde provocan depósitos y corrosión.

Ambas cosas pueden disminuirse através de un tratamiento previo del combustible, el cual consiste generalmente en eliminar las partículas sólidas por centrifugación.

b. Inquemados.

Está constituidos por los productos del craqueo en fase líquida (coque) y en fase gaseosa (hollín) que al no llegar a combustionar en forma completa, salen por la chimenea en forma de humo.

Las partículas de hollín tienen un diámetro promedio muy pequeño, inferior a los 500 \AA (angstrom), mientras que las del coque alcanzan algunas decenas de micrones ; sin embargo, estas últimas representan el 95% de la masa de partículas emitidas por la chimenea.

Para efectos prácticos, resulta útil conocer que la emisión de partículas de sólidos inquemados por la chimenea aparece visible sólo cuando excede la 500 ppm, apareciendo como humo negro.

PREPARACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES INDUSTRIALES A NIVEL INDUSTRIAL

1. Formulación para la preparación de los Combustibles Industriales

1.1 Formulación del Petróleo Industrial Nro. 4

A este combustible se le comercializa actualmente como una mezcla de 70% de Petróleo Diesel Nro. 2 y 30% de Petróleo Industrial Nro. 6.

De esta forma se logra cumplir los requerimientos exigidos por las normas vigentes para los petróleos residuales.

1.2 Formulación del Petróleo Industrial Nro. 5

Este combustible se comercializa actualmente como una mezcla del 30% de Petróleo Diesel Nro. 2 y 70% de Petróleo Industrial Nro. 6, por la que se hace un combustible mas ligero que el Petróleo Industrial Nro. 6.

1.3 Petróleos Residuales de uso marino, o Marine Fuels (MF)

Su nombre comercial son Combustibles Marinos (MF) o bunkers. Su formulación es variada, y esta dada por la mezcla de Petróleo Diesel Nro. 2 y Petróleo Industrial Nro. 6. Las proporciones de uno y otro componente esta en función a la viscosidad requerida para la obtención del grado requerido.

Este tipo de combustibles son muy usados en los motores marinos.

De este tipo, el mas usado en el sector industrial por hornos y calderos es el MF-40, constituido por una mezcla del 38% de Petróleo Diesel Nro. 2 y 62% Petróleo Industrial Nro. 6.

Estos combustibles están regulados a base de Normas Industriales ASTM é ISO. El Cuadro 17, muestra los rasgos de viscosidad para cada tipo de grado de MF.

CUADRO 17 : Rango de Viscosidad para los Marine Fuels

GRADOS	VISCOSIDAD A 50° C , cst	
	<u>Mínimo</u>	<u>Máximo</u>
MF30	<u>20</u>	<u>35</u>
MF40	35	50
MF60	50	70
MF80	70	90
MF100	90	110
MF120	110	130
MF150	140	160
MF180	170	190
MF240	230	250
MF280	270	290
MF320	310	340
MF380	360	400
MF420	400	430
MF460	440	470

Son combustibles de adecuado poder calorífico que contienen menos cantidad de cenizas y metales. Tienen buena atomización mediante un precalentamiento adecuado. Con respecto a su bombeo, no requieren precalentamiento los grados inferiores al MF-80.

2. Métodos de calculo para mezclas de combustibles, según sus índices de mezcla.

A nivel de refinería, la manufactura de los diferentes productos se completa mediante operaciones de mezcla, procedimientos por el cual se ajustan las características finales de los productos que se venden en las plantas de venta. De la misma manera, con el objeto de facilitar el manejo y uso de los combustibles de alta viscosidad, en el sector industrial, se efectúan mezclas de productos que se venden directamente de las plantas de venta; tales como el Petróleo Industrial Nro. 6, Kerosene, Petróleo Diesel Nro. 2, y de esta forma se obtiene el Petróleo Industrial Nro. 4 y el Petróleo Industrial Nro. 5.

A continuación se detallan 02 métodos usados con mucha frecuencia para este tipo de operaciones, basados en el índice de mezcla de los hidrocarburos.

2.1 Índice de Mezcla para el Punto de Inflamación

En este caso se toma como parámetro de mezcla al Punto de Inflamación, con el cual se determina su Índice de Mezcla. Puede usarse para mezclar puntos de inflamación determinados con cualquier aparato, pero preferiblemente no deben usarse simultáneamente valores determinados con copa abierta, con valores de copa cerrada.

En la tabla del Anexo 10, se muestra los valores del índice de mezclado en función al Punto de Inflamación.

Ejemplo 01: Determinar el punto de inflamación de la siguiente mezcla:

<u>Componente</u>	<u>Volumen</u>	<u>(C.O.C.)Punto de Inflamación °F</u>
Kerosene	0 %	118
Diesel 2	30 %	149
Residual 6	70 %	230

Se determina el índice de mezclado; de la tabla del Anexo 10

<u>Componente</u>	<u>Índ. de Mezcla</u>	<u>Vol.</u>	<u>Vol. x Índ. de Mezcla</u>
Kerosene	358.0	0.0	0.0
Diesel 2	112.0	0.3	33.6
Residual 6	9.3	0.7	6.5
			Total: 40.1

Por lo tanto de la tabla del Anexo 10, el Punto de Inflamación será 180° F, que corresponde a un Petróleo Nro. 5 \approx (82° C).

Ejemplo 02: Determinar el punto de inflamación de la siguiente mezcla:

<u>Componente</u>	<u>Volumen</u>	<u>(C.O.C.)Punto de Inflamación °F</u>
Diesel 1	21 %	118
Diesel 2	0 %	149
Residual 6	79 %	230

Se determina el índice de mezcla; de la tabla del Anexo 10

<u>Componente</u>	<u>Índice de Mezcla</u>	<u>Vol.</u>	<u>Vol. x Índice de Mezcla</u>
Diesel 1	358.0	0.21	75.2
Diesel 2	112.0	0.0	0.0
Residual 6	9.3	0.79	7.4
			Total: 82.6

Por lo tanto de la tabla del Anexo 10, el Punto de Inflamación será 158° F , que corresponde a un Petróleo Nro. 5 \approx (70° C).

2.1 Índice de Mezcla para la Viscosidad

En este se toma como parámetro de mezcla a la viscosidad, con el cual se determina el Índice de Mezcla.

La viscosidad de la mezcla es no lineal. Por razones de conveniencia, cuando se mezclan varios componentes , pueden utilizarse los factores dados por la ecuación:

$$f = 1000 \times \frac{\log \text{ cst}}{\log (1000 \times \text{ cst})} ,$$

para compensar la no linealidad y permitir así el mezclado lineal el volumen.

La tabla del anexo 11 se muestra los valores de los Índices de Mezcla para la Viscosidad, y están dados en las unidades de Centistock (cst) y Segundos Saybolt Universal (SSU).

Se debe de mencionar que para la determinación de los factores de Índice de Mezcla se deberá de efectuar a temperatura constante.

En el Anexo 13, se muestran las tablas de conversión de viscosidades Saybolt Universal y Saybolt Furol, a la unidad de centistokes.

En el Anexo 12, se muestran los gráficos para la conversión de viscosidades en diferentes unidades.

Ejemplo 01 : Determinar la viscosidad de la siguiente mezcla:

<u>Componente</u>	<u>Volumen</u>	<u>Viscosidad (cst)</u>
Kerosene	0 %	1.42 a 100° C
Diesel 2	30 %	4.24 a 100° C
Residual 6	70 %	614 a 122° C

Del gráfico 1^(*) (Viscosidad vs. Temperatura, para el Kerosene y el Diesel Nro.2), interpolamos la viscosidad a 122° F, obteniendose:

1.17 cst a 122° F para el Kerosene.

3.42 cst a 122° F para el Diesel Nro. 2.

Como ahora todos los componentes están a la misma temperatura, procedemos a determinar los Índices de Mezcla de los componentes.

(*) El Gráfico 1, se ha elaborado de los datos de la sección 4.1 de este capítulo.

<u>Componente</u>	<u>Viscosidad a 122° F</u>	<u>Índice de Mezcla</u>
Diesel 1	1.17	24
Diesel 2	3.42	150
Residual 6	614	481

<u>Componente</u>	<u>Vol. %</u>	<u>Índice de Mezcla</u>	<u>Vol. x Índice de Mezcla</u>
Kerosene	0	24	0.0
Diesel 2	0.3	150	45.0
Residual 6	0.7	481	336.7

Total: 381.7

Por lo tanto de la tabla del Anexo 11, la Viscosidad de la Mezcla será 71 cst a 122 °F, que corresponde a un Petróleo Nro. 5 .

Ejemplo 02: Determinar la viscosidad de la siguiente mezcla:

<u>Componente</u>	<u>Volumen</u>	<u>Viscosidad (cst)</u>
Kerosene	21 %	1.42 a 100° C
Diesel 2	0 %	4.24 a 100° C
Residual 6	79 %	614 a 122° C

,del mismo modo, se tiene:

<u>Componente</u>	<u>Vol. %</u>	<u>Índice de Mezcla</u>	<u>Vol. x Índice de Mezcla</u>
Diesel 1	0.21	24	5.0
Diesel 2	0.00	150	0.0
Residual 6	0.79	481	380.0

Total: 385.0

Por lo tanto de la tabla del Anexo 11, la Viscosidad de la Mezcla será 76 cst a 100 °F, que corresponde a un Petróleo Nro. 5. Este valor esta casi cerca al pico máximo para la viscosidad

correspondiente a esa temperatura, según las normas de **INDECOPI** (actualmente vigente) para Combustibles Industriales.

De este modo, si desearamos obtener una mezcla con una viscosidad inferior a 81 est, deberíamos añadir mayor cantidad de Kerosene, pero el 21% de este representa la cantidad mínima y necesaria para adelgazar un Petróleo Industrial Nro. 6 y convertirlo en Petróleo Industrial Nro. 5.

3. Características de una buena mezcla.

A nivel Industrial, los requisitos exigidos por la mayor parte de los consumidores, puede cumplirse mezclando destilados y residuales, es decir, mezclando en diferentes proporciones el Petróleo Residual Nro. 6, y el Petróleo Residual 500 con el Kerosene ó el Petróleo Diesel Nro. 2, productos que se venden directamente en las plantas de ventas de combustibles, con el fin de obtener el Petróleo Residual Nro. 4, y el Petróleo Residual Nro.5 ú otras mezclas que cumplan con la calidad requerida según las normas vigentes para los Petróleos Residuales o recomendadas por los fabricantes de calderos.

Aunque esta operación requiere de mucho cuidado y mucha experiencia es factible realizarlo en las plantas industriales *in situ*, sin efectuarse muchas modificaciones en sus instalaciones.

Las características esenciales para la producción de una mezcla satisfactoria es la homogeneidad de la mezcla.

La Homogeneidad depende de la instalación empleada y el tiempo de operación en el mezclado. Los pasos a seguir son:

- a. se coloca uno de los componentes en el tanque donde se va a efectuar la mezcla. Normalmente se trabaja la mezcla en función al criterio de la

diferencia de densidades, por lo que el componente inicial es el producto de menor densidad (El Kerosene ó Diesel).

- b. Se introduce el otro componente por la parte superior o el Domo del tanque.
- c. Se recircula la mezcla hasta obtener una mezcla homogénea. Se considera la mezcla homogénea cuando las determinaciones de la densidad de las muestras tomadas en la parte superior (techo), el medio y el fondo del tanque son muy semejantes o iguales.

En algunos casos cuando en el interior del tanque existen instalados serpentines de calefacción, la mezcla se calienta y ayuda a reducir la viscosidad de los componentes facilitando la homogeneidad.

En cuanto a las instalaciones, la dimensión de la capacidad del tanque de mezcla esta en función al requerimiento y consumo de la planta. Para efectuar ahorros iniciales, se podría utilizar la misma instalación que se usa para el almacenamiento del petróleo; tan solo se tendría que instalar una bomba para la recirculación de la mezcla. La bomba mas recomendable para este tipo de trabajo es la de desplazamiento positivo y, este no tiene porque ser de gran capacidad, ni tampoco ser sobredimensionada, ya que los combustibles preparados tiene al Kerosene y Petróleo Diesel como componentes y este le reduce la viscosidad notablemente a los residuales pesados, facilitando el trabajo de la bomba.

Cuando el tanque de almacenamiento es acondicionado como tanque de mezcla, se deberá tener en cuenta que:

1. Con anticipación, se debe solicitar el pedido de combustible a su transportista, para prevenir el desabastecimiento de petróleo en la planta.

2. Deberá haber una información diaria del consumo de la planta, así como del Stock en el tanque.
3. Se debe de efectuar un cronograma de trabajo durante la preparación del combustible.
4. Se debe preparar al personal para efectuar correctamente las operaciones de mezcla, así como el control de calidad del producto final.

4. Otras mezclas para obtener combustibles industriales a menor costo.

A nivel Industrial es fácil obtener, mediante otras mezclas, combustibles industriales con propiedades físicas similares, que además de cumplir con las normas vigentes de INDECOPI y no ejercer problemas operativos, son de menor costo.

En los Ejemplos de métodos de cálculo para mezclas de combustibles, por medio de los Índices de Mezcla para el Punto de Inflamación y la Viscosidad, se ha podido apreciar que es posible obtener Petróleo Industrial Nro. 5 en dos formas: Mezclando el 21% de Kerosene y el 79% del Residual Nro. 6 ó con el 30% de Petróleo Diesel Nro. 2 y el 70% del Residual Nro.6. Ambas propiedades físicas, según los cálculos, están incluidos en el rango de las normas vigentes para los combustibles industriales, por lo tanto, cumplen con los requisitos mínimos que lo califican como tal. Para verificar los cálculos teóricos, se llevaron muestras de Kerosene, Petróleo Diesel Nro.2 y Petróleo Industrial Nro. 6, al Laboratorio Oficial de Normalización de Petróleo y Derivados (LONPD) de la Facultad de Ingeniería de Petróleo de la Universidad Nacional de Ingeniería.

4.1 Resultado del Análisis en el Laboratorio

En el Laboratorio se efectuaron el análisis de los siguientes productos :

Kerosene Cuadro 18 (04 Muestras)

Petróleo Diesel Nro. 2 Cuadro 19 (04 Muestras)

Petróleo Industrial Nro. 6 Cuadro 20 (04 Muestras)

A cada muestra se le hizo una corrida completa, y los resultados se muestran en los Cuadros 18,19 y 20.

CUADRO 18 : Resultado de Análisis para el Kerosene

CARACTERÍSTICAS	(1)	(2)	(3)	(4)
Gravedad Específica a 60° F	0.8142	0.8104	0.8022	0.7989
Gravedad API a 60° F	42.3	43.1	44.9	45.6
Punto de inflamación, ° C	47	46	45	45
Viscosidad, cst, a 100° F	1.63	1.82	1.67	1.71
Viscosidad, cst, a 122° F	1.51	1.47	1.46	1.43
Viscosidad, cst, a 140° F	1.36	1.31	1.28	1.21
Cenizas, % Masa	-	-	-	-
Agua y Sedimentos, % Vol.	-	-	-	-
Poder Calorífico Superior, BTU/galón	134,308	133,884	132,863	132,117

(1),(2) y (3), Desarrollado en el laboratorio de la Empresa Comercializadora de Petróleo. Encopesa.

(4) Desarrollado en el laboratorio de la UNI- LONPD

(*) En el laboratorio de la Empresa Comercializadora de Petróleos se determinó el Poder Calorífico Superior graficamente.

CUADRO 19 : Resultado de Análisis para el Petróleo Diesel Nro. 2

CARACTERÍSTICAS	(1)	(2)	(3)	(4)
Gravedad Especifica a 60° F	0.8529	0.8452	0.8555	0.8508
Gravedad API a 60° F	34.4	35.9	33.9	34.8
Punto de inflamación, ° C	59	63	64	57
Viscosidad, cst, a 100° F	4.36	4.40	4.41	4.64
Viscosidad, cst, a 122° F	3.46	3.58	3.40	3.58
Viscosidad, cst, a 140° F	2.51	2.61	2.73	2.82
Cenizas, % Masa	-	-	-	-
Agua y Sedimentos, % Vol.	0	0	0	0
Poder Calorífico Superior, BTU/galón	138,917	138,085	139,091	138,142

CUADRO 20 : Resultado de Análisis para el Petróleo Industrial Nro. 6

CARACTERÍSTICAS	(1)	(2)	(3)	(4)
Gravedad Especifica a 60° F	0.9652	0.9685	0.9586	0.9626
Gravedad API a 60° F	15.1	14.6	16.1	15.5
Punto de inflamación, ° C	110	107	128	103
Viscosidad, cst, a 122° F	620	596	628	618
Viscosidad, cst, a 140° F	239	219	291	246
Viscosidad, cst, a 160° F	104	122	193	115
Cenizas, % Masa	0.037	0.055	0.041	0.045
Agua y Sedimentos, % Vol.	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Poder Calorífico Superior, BTU/galón	149,331	149,600	148,629	151,008

(1),(2) y (3), Desarrollado en el laboratorio de la Empresa Comercializadora de Petróleo. Emcopesa.

(4) Desarrollado en el laboratorio de la UNI- LONPD

(*) En el laboratorio de la Empresa Comercializadora de Petróleos se determinó el Poder Calorífico Superior graficamente.

Del mismo modo, se efectuaron mezclas con cada uno de estos productos, para obtener:

- a. Petróleo Industrial Nro. 4 Cuadro 21A. (Anexo 12A)
- b. Petróleo Industrial Nro. 4 Cuadro 21B (Sustituto) .(Anexo 12A).
- c. Petróleo Industrial Nro. 5 Cuadro 22A. (Anexo 12B)
- d. Petróleo Industrial Nro. 5 Cuadro 22B (Sustituto).(Anexo 12B)

De los resultados obtenidos se pueden observar que estos combustibles tienen características muy similares y por ende su comportamiento en el caldero durante la combustión no tendrá efecto alguno.

4.2 Determinación de las Curvas de Viscosidad vs. Temperatura

- a. Con los resultados del Cuadro 18 y Cuadro 19, se ha efectuado el Gráfico 1, para el Kerosene y el Petróleo Diesel Nro.2
- b. Con los resultados del Cuadro 20, se ha efectuado el Gráfico 2, para el Petróleo Industrial Nro. 6.
- c. Con los resultados del Cuadro 22A y Cuadro 22B, se ha efectuado el Gráfico 2, para el Petróleo Industrial Nro.5

4.3 Determinación de la temperatura de atomización de los combustibles.

Para la determinación de la temperatura de atomización se usará el gráfico 3, proporcionada por Petroleos del Peru y adaptado para petróleos residuales.

4.3.1 Descripción del gráfico

Las escalas horizontales en la parte superior e inferior del gráfico son idénticas y representan a las temperaturas, ambas en las escalas °F y °C .

Las escalas verticales representan viscosidades en cada una de las unidades de medición más comúnmente usadas. Estas escalas han sido trazadas frente a las temperaturas a las cuales se acostumbra tomar cada uno de estos sistemas de unidades, a saber:

Unidad de Viscosidad	Temperatura
Saybolt Universal	100° F
	210° F
Saybolt Furol	77° F
	122° F
Grados Engler	20° C
	50° C
	100° C
	200° C
Redwood Nro. 1	70° C
	100° C
	140° C
	200° C
Redwood Nro. 2	77° C
(Admiralty)	
Cinemática	A ambos lados

El gráfico es utilizado para propósitos prácticos, de manera que se puede convertir las viscosidades de una unidad en otra. Sin embargo, la conversión a unidades de viscosidad cinemática a varias temperaturas, dan sólo resultados aproximados, debido a que el factor de conversión a viscosidad cinemática varía sensiblemente con la temperatura.

Los valores aproximados mediante el gráfico, son suficientemente validos para encontrar para encontrar las temperaturas de atomización y límites de bombeabilidad de un residual. Si se desea precisión en la conversión de las Unidades Redwood, Saybolt o Engler, a unidades de viscosidad cinemática, deben usarse los factores de conversión específicos que se encuentran en los manuales, así tenemos, tabla de conversión de viscosidades (anexo 13A) y los gráficos para la conversión de viscosidades (anexos 13B y 13B).

La viscosidad de un residual disminuye con el aumento de temperatura, de modo que el gráfico nos muestra unas líneas diagonales, que representan en promedio, las variaciones de viscosidad del residual y del Diesel Nro. 2. Las líneas horizontales entrecortadas en la sección derecha del gráfico, indican los rangos de viscosidad necesaria para obtener la mejor fluidez en la atomización, recomendada por los fabricantes de quemadores americanos.

En la medida Saybolt Universal, la línea superior representa una viscosidad de 200 segundos, la línea central 150 segundos, la línea inferior 100 segundos. Para obtener la atomización adecuada en la mayor parte de las instalaciones, la viscosidad en los quemadores debe coincidir con el espacio superior para el tiro forzado y, con el espacio inferior para un tiro natural.

Las líneas horizontales entrecortadas en la sección superior izquierda del gráfico, indican la máxima variación de viscosidad que

asegura un eficiente y natural bombeo. Estas líneas representan respectivamente 4000 y 5000 segundos Saybolt Universal ó 400 y 500 segundos Saybolt Furol. Cuando la instalación se encuentra equipada para trabajar residuales pesados y en los que la succión no es ningún problema; es posible bombear sin ninguna dificultades a la mas alta viscosidad o a viscosidades aún mayores en ciertos casos, pero es preferible no dejar que la viscosidad exceda del límite menor.

4.3.2 Para encontrar viscosidades a la misma temperatura

Supongamos que tenemos un Petróleo Diesel cuya viscosidad es 90 segundos Saybolt Universal a 100° F. Se desea saber las viscosidades a la misma temperatura en las otras escalas mas convenientemente usadas.

Por el punto que indique 90 SSU a 100° F, trazamos una línea paralela a las escalas horizontales de temperaturas ° F y ° C. Esta línea trazada intercepta a la escala Engler dando una lectura de 2.65 a 100° F, a la escala Redwood dando una lectura de 79 a 100° F y a la escala de viscosidad cinemática a ambos lados del gráfico, con una lectura de 18 centistokes a 100° F.

4.3.3 Para encontrar viscosidad a diferentes temperaturas

Conociendo la viscosidad de un petróleo en una escala y temperatura dada, para determinar su viscosidad en la misma o diferente escala y a distinta temperatura, se procede de la siguiente manera.

Supongamos por ejemplo, que tenemos un Petróleo Diesel cuya viscosidad es 44.7 segundos Redwood Nro. 1 a 100° F. Esta viscosidad esta indicara por el punto “O”.

Por “O” trazamos la línea “E-E” intercepta a la escala Redwood Nro. 1 nuevamente en “Q” (70° F) con una lectura de 64.8 segundos y en “S” (140° F) con una lectura de 35.2 segundos. También intercepta a la escala Engler en “P” (20° C) mostrando 2.25 segundos y en “R” (50° C) con una lectura de 1.38 segundos.

En este caso particular la única intersección con la escala Saybolt Universal, dentro de las limitaciones del gráfico, es en “O” (100° F) leyéndose 50 segundos.

De una manera similar las conversiones de viscosidad entre las diferentes escalas y sus correspondientes temperaturas pueden ser fácilmente determinadas, conociendo la viscosidad en una escala dada.

4.3.4 Para encontrar la temperatura correcta de atomización

Supongamos que tenemos un Petróleo Residual con una viscosidad de 150 segundos Saybolt Furol a 122° F. Por este punto trácese la paralela “A-A”. Esta sería la misma línea, si hubiéramos supuesto para el mismo petróleo, su viscosidad en otra escala tal como 3400 segundos Saybolt Universal a 100° F.

La línea “A-A” intercepta los rangos superior e inferior de viscosidades de atomización entre “Y-X” y “X-Z” respectivamente. Los rangos de temperatura correspondientes a estos rangos de viscosidad se encuentran fácilmente colocando una regla en posición

vertical en el gráfico en los puntos “Y”, “X” y “Z”, encontrándose los puntos “C”, “B” y “D” en las escalas superior e inferior de temperatura. En este caso la temperatura para 200 segundos Saybolt Universal es de 193° F; para 150 segundos es de 207.2° F y para los 100 segundos, es de 232.8° F. Los rangos de atomización serían 193 - 207.2° F para tiro forzado o 207.2 -232.8° F para tiro natural.

Como regla general, cuanto más baja la viscosidad, mejor es la atomización; de aquí donde se experimente dificultad en obtener una combustión completa como se comprueba por el humo excesivo o por el hollín que algunas veces es notable aún con una chimenea sin humo, sería aconsejable operar con temperatura alta (baja viscosidad) tanto para el tiro forzado como para el natural. En casos de difíciles se necesitara levantar la temperatura del petróleo hasta que corresponda al punto de mínima viscosidad (la intersección de la línea Z).

Los ingenieros deben ser guiados pues, por las condiciones predominantes. Ninguna regla puede ser aplicada en todos los casos, solamente la experiencia con el equipo particular demostrara las mejores condiciones de operación.

4.3.4 Para encontrar el límite de la temperatura de bombeo

Supongamos que tenemos un Petróleo Residual con una viscosidad de 150 segundos Saybolt Furol a 122° F. Por este punto trazamos la paralela “A-A”. La temperatura “F” y “G” correspondientes en los puntos de intersección “T” y “U” se encuentran de la misma forma

que en caso anterior. Es decir, 93.5°F y 97.1°F serian los límites de bombeo.

5. Comparación de Precios

En el Cuadro 23 se muestran los precios vigentes para los combustibles de uso industrial, determinados a partir del Anexo 14 (Precios de la Refinería La Pampilla).

**CUADRO 23: Comparación de Precios
Combustibles Empleados Actualmente vs. Combustibles Sustitutos**

PRODUCTO	PLANTA DE VENTA \$/Galón (*)	SUSTITUTO \$/Galón (*)
Kerosene	0,8792	-
Petróleo Diesel Nro. 2	1,1283	-
Petróleo Industrial Nro. 4	0,9517	0.7094
Petróleo Industrial Nro. 5	0,7162	0,6109
Petróleo Industrial Nro. 6	0,5396	-
Petróleo Industrial R500	0,5283	-

(*) Los precios incluyen el Impuesto Selectivo al Consumo. ISC

(*) Los precios no incluyen el Impuesto General a las Ventas. IGV

(*) Tipo de Cambio es de 2.65 Nuevos Soles por Dólar.

Comparando nuestros precios vigentes con los precios internacionales, y proyectado dentro de los 5 años siguientes se tiene que:

COMBUSTIBLE	PRECIO NACIONAL \$/ Galón	PRECIO INTERNACIONAL (*) \$/ Galón
Kerosene	0,8792	0,8381
Diesel 2	1,1283	0,8892

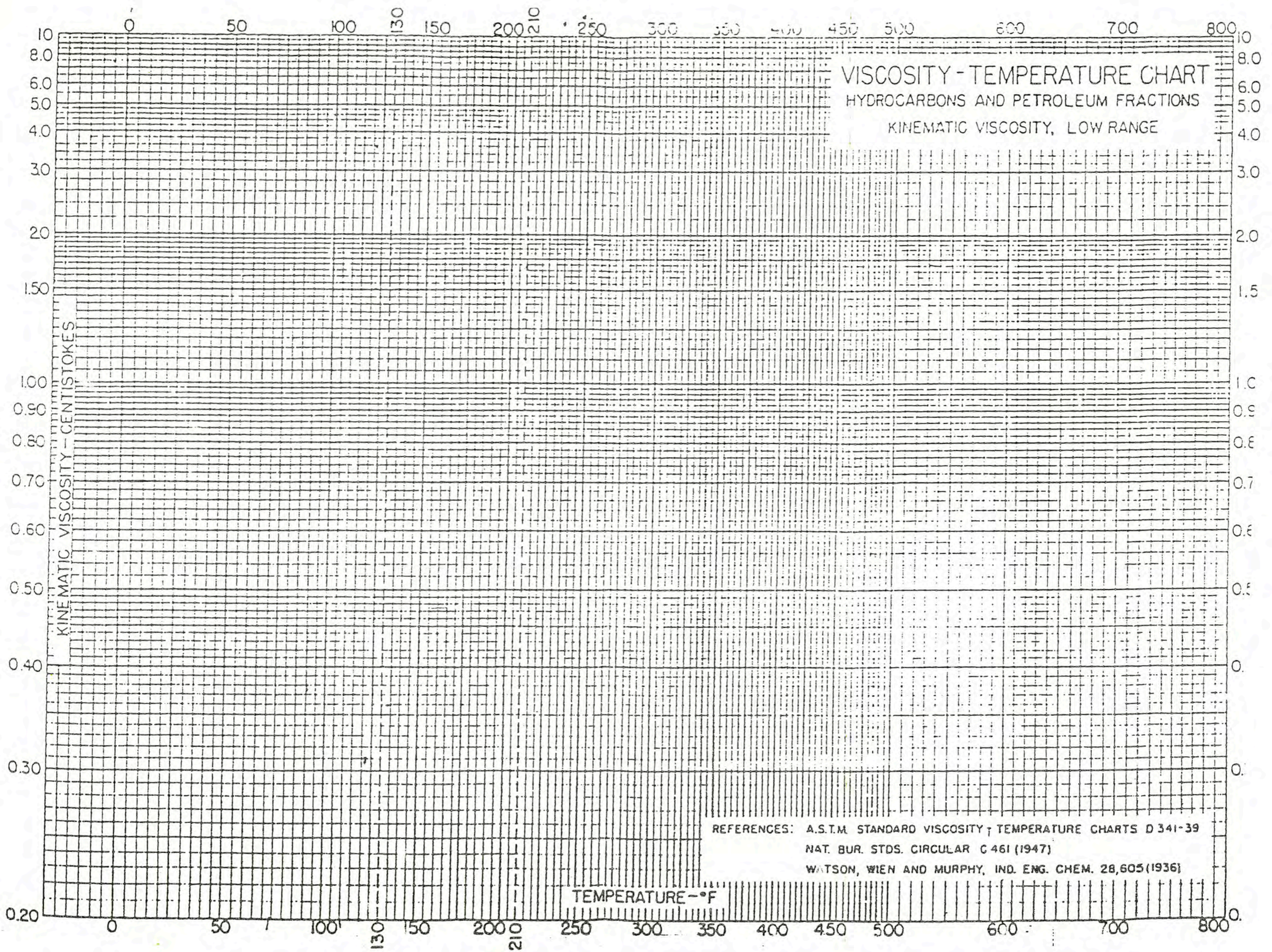
(*) Fuente : Oil & Gas Journal Agosto, 1,997

A estos precios se le están incluyendo el flete de 2,5 dólares por barril, y el ISC.

“Optimización de la combustión de los Petróleos Residuales”

	<u>1,998</u>	<u>1,999</u>	<u>2,000</u>	<u>2,001</u>	<u>2,002</u>
Inflación Esperada	(4,0 %)	(4,5 %)	(4,5 %)	(4,5%)	(4,5 %)
Kerosene	0,8716	0,9108	0,9518	0,9946	1,0390
Diesel 2	0,9247	0,9663	1,0097	1,0552	1,1027

Se a tomado en cuenta los precios internacionales del Diesel 2 y Kerosene porque estos son los que influyen directamente en la preparación de otros combustibles a nivel industrial en nuestro medio.

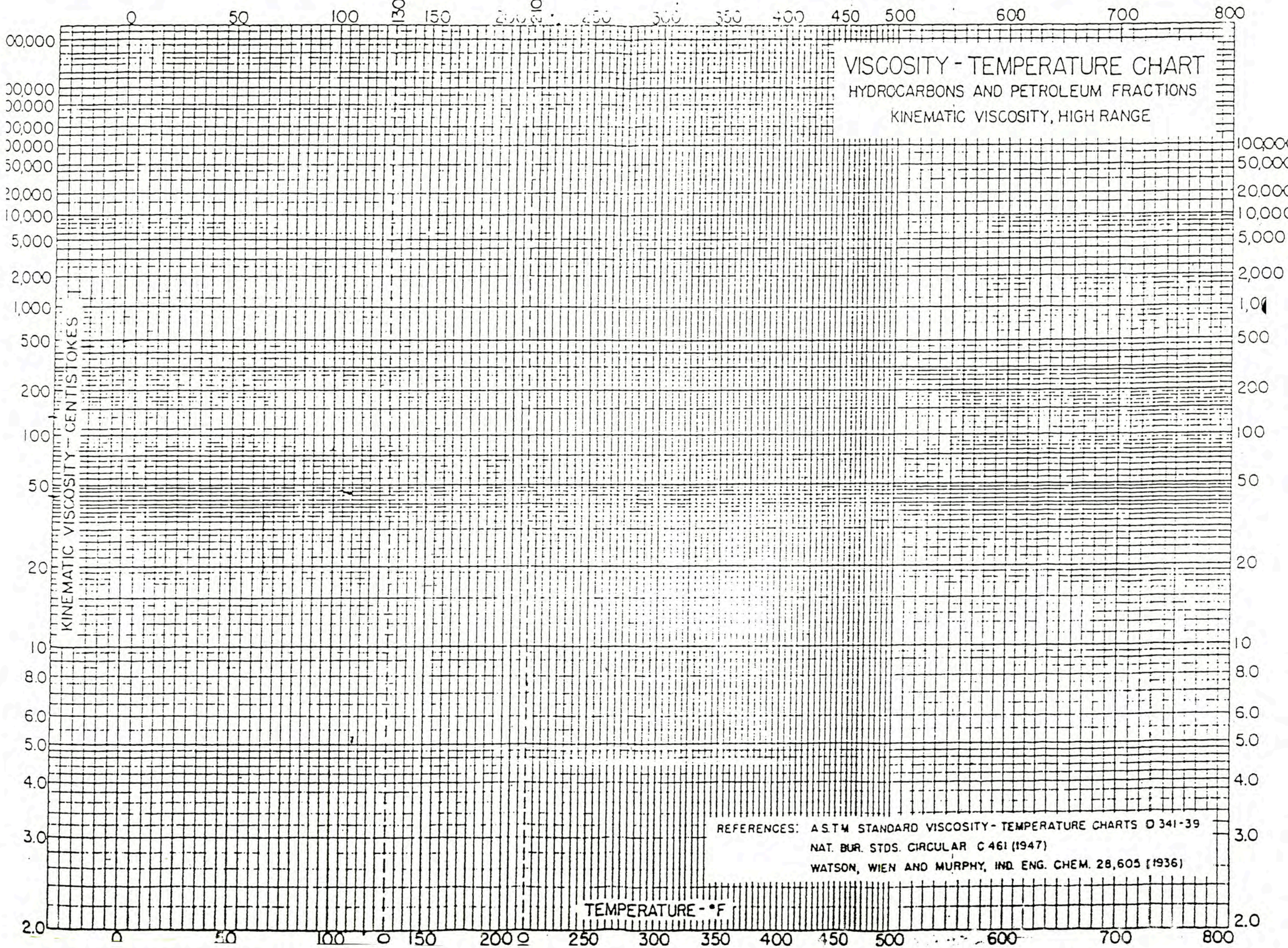


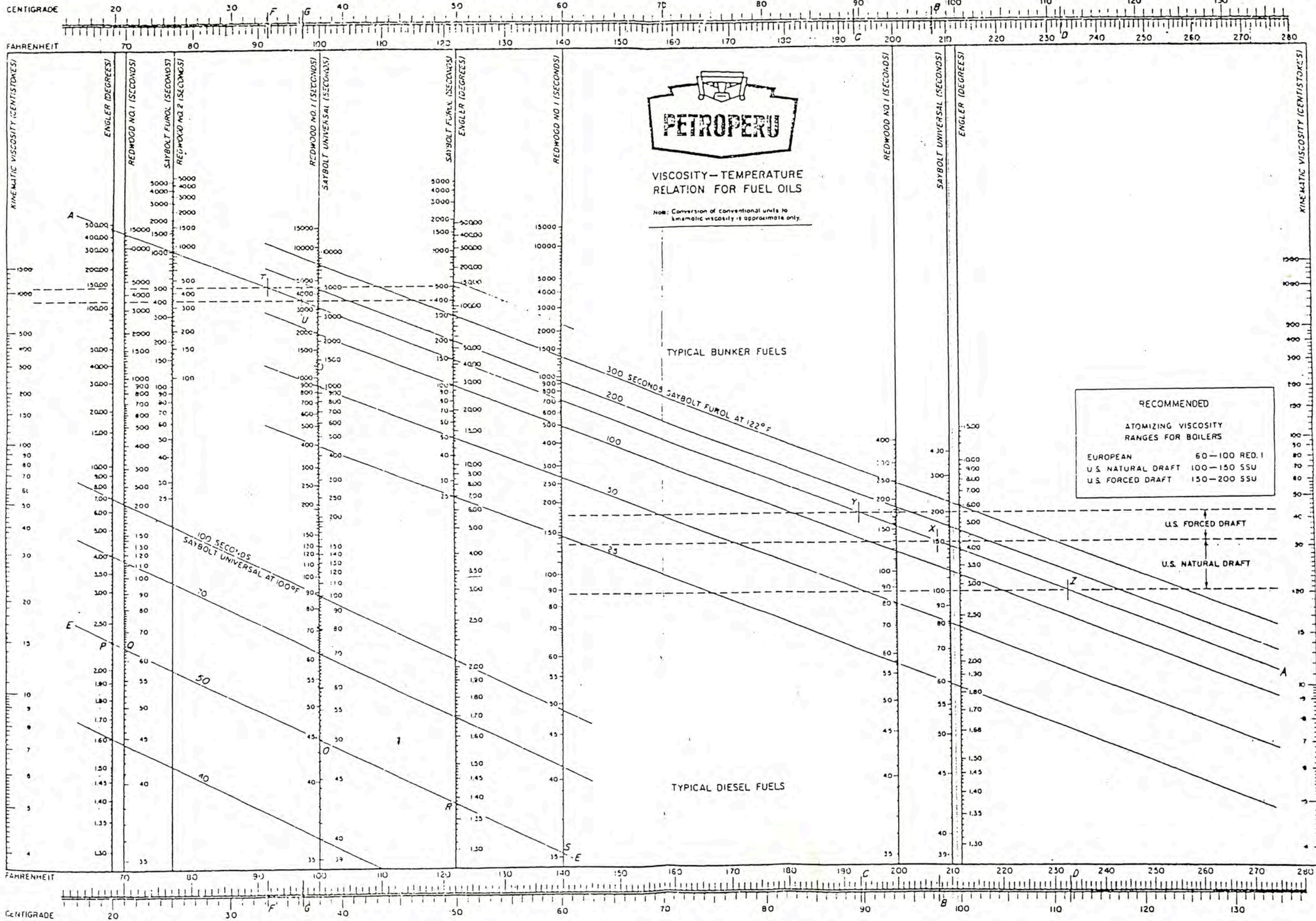
VISCOSITY - TEMPERATURE CHART
HYDROCARBONS AND PETROLEUM FRACTIONS
KINEMATIC VISCOSITY, LOW RANGE

KINEMATIC VISCOSITY - CENTISTOKES

TEMPERATURE - °F

REFERENCES: A.S.T.M. STANDARD VISCOSITY, TEMPERATURE CHARTS D 341-39
NAT. BUR. STDS. CIRCULAR C 461 (1947)
WATSON, WIEN AND MURPHY, IND. ENG. CHEM. 28,605 (1936)





PETROPERU
VISCOSITY-TEMPERATURE
RELATION FOR FUEL OILS

Note: Conversion of conventional units to kinematic viscosity is approximate only.

TYPICAL BUNKER FUELS

300 SECONDS SAYBOLT FUROL AT 122°F
 200
 100
 50

TYPICAL DIESEL FUELS

100 SECONDS SAYBOLT UNIVERSAL AT 100°F
 70
 50
 40

RECOMMENDED
ATOMIZING VISCOSITY
RANGES FOR BOILERS

EUROPEAN	60-100 RED. 1
U.S. NATURAL DRAFT	100-150 SSU
U.S. FORCED DRAFT	150-200 SSU

U.S. FORCED DRAFT
 U.S. NATURAL DRAFT

TÉCNICAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA COMBUSTION

1. Mediante el control y registro del consumo de combustible

Una medida para el ahorro de energía, es el establecer controles y registros de los consumos de combustible. Estos controles deberán de efectuarse en cada turno de trabajo, y serán promediados por cada día, mes y año, siendo el operador la persona mas indicada y quien deberá evaluar durante su turno el rendimiento energético del equipo.

Poco a poco se observara que el solo hecho de implantar este tipo de control, nacerá inmediatamente en el operador una preocupación por el manejo y buen control de las operaciones, y con ello se logrará eliminar los desperdicios de energía, perdidas que solo son generadas por falta de interés de evitarlos.

Si bien es cierto, en la práctica, el principal problema de esta técnica es la de contabilizar los consumos y los volúmenes de producción, debido a que muchas de las plantas industriales no existen los equipos que proporcionen lecturas directas. Pero, frente a esto, una forma de llevar los registros del consumo de combustible como de la producción del vapor, es diferenciando la altura de los tanques de combustible y del agua de alimentación al caldero durante cada turno.

Es importante evaluar el costo real de cada libra de vapor producido, sobre todo en función del costo de combustible, pues las diferencias nos permitirán observar los ahorros o perdidas de energía.

. Por la reducción del exceso de aire

Si consideramos que el combustible requiere de una cantidad determinada de aire para la combustión, en la práctica es aceptable admitir que el exceso de aire permitirá favorecer la realización de la combustión en forma completa.

El exceso de aire tiene una fuerte influencia sobre la eficiencia del caldero, y es así que, un mayor exceso de aire sólo servirá para enfriar la llama y aumentar el volumen de los gases de combustión; gases deberán ser evacuados a velocidades mayores para evitar acumulaciones dentro del hogar, reduciendo de esta forma el tiempo para la transferencia de calor, lo que se resume en ineficiencia.

El nivel recomendable del porcentaje de exceso de aire, se muestra en el Cuadro 24. Estas cantidades dependen principalmente de la facilidad que tiene el combustible para quemarse, por ello es posible relacionarlo en forma proporcional con la relación C/H.

CUADRO 24: Porcentaje de exceso de aire recomendado según el tipo de combustible

COMBUSTIBLE	PORCENTAJE DE EXCESO DE AIRE
Gas Natural	10 - 15
Diesel 2	10 - 25
Residual 4	15 - 25
Residual 5	15 - 30
Residual 6/R500	20 - 40

La reducción del exceso del aire se puede efectuar, mediante la regulación manual de la válvula de admisión de aire al quemador, hasta empezar a notar la aparición de los primeros indicios de humo negro en la chimenea.

Otra técnica mas precisa para la reducción del exceso de aire se hace con la ayuda de instrumentación para la medición de los inquemados en los gases de chimenea, controlando que el Índice de Bacharaech (IB), permanezca en el rango de 3-4, o por debajo de este.

Para lograr un nivel de exceso del aire mínimo, es importante tomar en cuenta la velocidad con la cual se deberá realizar la combustión, para que la forma y características de la llama se ajusten a la geometría de la cámara.

El gráfico 4 , muestra el ahorro de combustible que se logrará con la reducción del exceso de aire.

3. Disminución de la Temperatura de los Gases de Combustión

Otro problema que provoca una disminución del rendimiento energético y la capacidad de producción de vapor del caldero, es la perdida del calor por la chimenea, calor que no alcanzó a ser transferido al agua, y que es eliminado junto con los gases de combustión, el cual es observado con el incremento de la temperatura en la chimenea de los gases de combustión.

Alguna de las razones por la cual la temperatura de gases de combustión se ve incrementada, son:

- a. Porque las reacciones de combustión no llegan a ser completadas en el hogar, produciéndose reacciones de postcombustion en otras zonas, algunas veces cercanas a la chimenea
- b. Porque las superficies de transferencias de calor se encuentran sucias en el lado de los humos, con Hollín, y en lado del agua con incrustaciones o caliche, lo que dificulta la transferencia del calor.

- c. Porque hay un volumen excesivo de gases en el hogar; como los gases producidos por las reacciones de combustión ó por los gases aportados por el exceso del aire. Esta acumulación obliga a que todos los gases circulen con excesiva velocidad por el sistema, reduciendo el tiempo de permanencia de estos en todo el sistema y ser eliminados por la chimenea con más rapidez.

Estos problemas pueden ser superados operativamente de la siguiente manera:

- a. Con una permanente control de la temperatura de los gases de chimenea, instalando un termómetro adecuado cercano a la base de la chimenea.
- b. Lograr tener una llama estable.
- c. Regular el exceso del aire.
- d. En lo posible , obtener un agua de alimentación con dureza cero (0), para evitar así las incrustaciones.
- e. Tener un programa de mantenimiento para la limpieza en forma mecánica de las superficies de calefacción en el lado de los humos. Un modo de predecir de la formación de hollín en el lado de los humos, es el incremento de la temperatura en la chimenea.

Con los puntos |b|. y |c|. se logra evitar que exista acumulaciones de gases en el hogar del caldero.

Es importante mencionar, que el límite inferior para la temperatura de la salida de gases de combustión por la chimenea lo establece el punto de rocío del ácido sulfúrico (300° F a 350° F), pues con las temperaturas por debajo a 300° F, promovemos la corrosión a baja temperatura ó corrosión ácida.

4. Mediante una Buena Regulación de la Temperatura de Atomización.

La temperatura de atomización es un parámetro que tiene una influencia directa en la combustión. El hecho de que el combustible tenga una temperatura de atomización correcta, garantiza la división de éste en

finisimas gotas (aproximadamente 7 millones de gotas por cada cm^3 de combustible), de tal modo que su calentamiento, gasificación y combustión ocurran en forma rápida y eficiente.

Hay que tener en cuenta que la temperatura de atomización se refiere a la temperatura que deberá tener el combustible en la punta del quemador.

La atomización del combustible depende básicamente de 02 parámetros físicos; la viscosidad y la tensión superficial, las cuales a su vez dependen de la temperatura. En la práctica, es mas fácil determinar la viscosidad a diferentes temperaturas, y puesto que ambas varían en forma similar, resultará correcto y adecuado tenerlo todo en función de la viscosidad.

El gráfico 3, es usado para determinar la temperatura de atomización, los combustibles en función de la viscosidad (la descripción del gráfico se dio en el cap. V sec. 4.3), y siguiendo este procedimiento se puede determinar el Cuadro 25, el cual señala la temperatura de atomización recomendada para los combustibles industriales actualmente comercializados.

Cuadro 25: Temperatura de Atomización Recomendada para los Combustibles Industriales

	TEMPERATURA DE ATOMIZACIÓN	
	TIRO NATURAL	TIRO FORZADO
Petroleo Industrial Nro. 4	20 - 30° C	10 - 20° C
Petroleo Industrial Nro. 5	70 - 80° C	60 - 70° C
Petroleo Industrial Nro. 6	110 - 120° C	100 - 110° C
Petroleo Industrial R500	120 - 130° C	110 - 120° C

Si bien es cierto, el tamaño de las gotitas, en las que subdividen el combustible dependen de la temperatura, este también debe de cumplir con los requerimientos del fabricante, establecidos por el diseño de cada quemador.

En el Cuadro 26 se da los valores de viscosidad requerido para los diferentes tipos de quemadores.

Cuadro 26: Viscosidad Requerida para los Diferentes Tipos de Quemadores

TIPO DE QUEMADOR	VISCOSIDAD, cst	
	Mínimo	Máximo
Atomización Mecánica		
Copa Mecánica	17	21
Presión Directa	20	32
Con Retorno	20	32
Ranura Regulables	20	32
Tipo Pistón	20	32
Doble Circuito	20	32
Atomización con Fluido Auxiliar		
Con Vapor de Alta Presión	40	60
Presión Directa a Vapor (60-120 Psi)	11	21
Presión Directa con Aire (60-120 Psi)	21	60
Aire a Presión Media (15-30 Psi)	11	60

5. Previendo el Ensuciamiento de la Boquilla del Quemador

El ensuciamiento de la boquilla del quemador se debe principalmente a 03 factores:

- a. A la formación del coque, producido por el craqueo del combustible al ser expuesto violentamente a temperaturas muy altas cuando aún se encuentra en fase líquida. Esto sucede exactamente cuando se introduce demasiado la boquilla del quemador en la cámara de combustión
- b. También ocurre cuando por falta de estabilización del frente de llama se produce la Retrollama (retroceso de la llama hacia el quemador), lo cual

igualmente craquea al combustible. El hidrogeno se quema rápidamente y el carbón residual, en forma de un coque reblandecido y pegajoso se adhiere al punto frío mas cercano, en este caso constituido por la propia boquilla.

- c. Por la presencia de impurezas en el combustible, característica en los residuales, lo cual constituye un peligro inminente de formación de compuestos que podrían incrustarse en la boquilla del quemador; por ello, el trabajo de los filtros es de gran importancia.

Por ello un procedimiento para prevenir el ensuciamiento de la boquilla del quemador es:

- a. Ubicando la boquilla del quemador en la posición correcta, de tal modo que se logre estabilizar el frente de llama.
- b. Efectuar la revisión y limpieza de filtros en forma periódica, de este modo se evita el taponamiento del quemador, así como la formación de incrustaciones en los alrededores de la boquilla del quemador.

6. Mediante el Control Permanente de la Operación del Quemador

El quemador como parte del equipo de fuerza, es el protagonista principal de la combustión y por tanto, su adecuada operación resulta el factor mas importante para lograr una eficiente combustión.

Son 05 las funciones principales:

- a. Aportar combustible a la cámara de combustión.
- b. Aportar aire a la cámara de combustión.
- c. mezclar íntimamente el aire con el combustible.
- d. Encender y quemar la mezcla.
- e. Desplazar los productos de la combustión.

El control de la operación del quemador exige el conocimiento del diseño del quemador, así como de las características mecánicas y condiciones operativas de esta, datos que deben ser proporcionados por el fabricante.

En la práctica, la disponibilidad de catálogos de los quemadores es poco frecuente, por lo cual una técnica muy útil para determinar sus condiciones óptimas de operación, es efectuar un análisis a la inversa, es decir, ajustar variables y evaluar eficiencias, hasta conseguir el óptimo de operación.

Los factores que se tiene en cuenta en el control de la operación del quemador es:

- a. La optimización del combustible, el cual requiere de un aporte de energía para lograr la división en finisimas gotas.

La forma de energía utilizado depende del tipo de quemador (atomización mecánica, atomización con fluido auxiliar, atomización centrifuga, etc.); y es evidente que la ineficiencia se presenta cuando la energía requerida por el quemador, no es aportado en forma suficiente, lo que origina que la mezcla y turbulencia del combustible con el aire son insuficiente.

- b. El control del exceso de aire. Es sabido que un mayor exceso de aire sólo servirá para enfriar la llama y aumentar el volumen de los gases producidos, traduciéndose en ineficiencia.

La regulación del tamaño y forma de la llama. La llama es el espacio donde se realiza la combustión y constituye, cuando se emplea combustibles líquidos, una ,manifestación visible de las reacciones de combustión.

Resulta importante controlar el equilibrio que debe existir entre la velocidad con que ingresa la mezcla del combustible y la velocidad con que se quema (velocidad de propagación del frente de llama).

En el cuadro 27 se presenta el efecto que tiene sobre la llama 12 acciones que se efectúan frecuentemente durante el control de la operación del quemador.

Cuadro 27: Efecto de las Variables de Operación Sobre la Llama

ACCIÓN DE OPERACIÓN	EFECTO SOBRE LA LLAMA		
	Temperatura	Longitud	Posición respecto al quemador
Aumento de la presión del combustible.	↑↑	↑↑	⇒
Aumento del diámetro del inyector.	↑↑	↑↑	⇐
Exceso de aire	↓↓	↓↓	⇒
Aumento de la temperatura del aire de la combustión.	↑↑	↓↓	⇐
Disminución del tamaño de gotas.	↑↑	↓↓	⇐
Aumento de la turbulencia de la mezcla aire-combustible.	↑↑	↓↓	⇐
Aumento de la temperatura en la cámara de combustión.	↑↑	↓↓	⇐
Aumento del ángulo de descarga del inyector.	↑↑	↓↓	⇐
Introducción del inyector en el hogar.	↑↑	↓↓	⇐
Ensuciamiento del cono de ignición.	↓↓	↑↑	⇒
Aumento de tiro	↓↓	↑↑	⇒
Ensuciamiento del inyector.	↓↓	↑↑	⇐

LEYENDA	
↑↑ Aumento	⇒ Alejamiento
↓↓ Disminución	⇐ Acercamiento

7. Reduciendo la Formación de Depósitos de Hollín y Cenizas en el Lado de los Humos

La combustión ineficiente produce hollín que se adhiere a las paredes de los tubos, atrapando las cenizas que acompañan al combustible, principalmente constituidas por vanadio cuando se emplean residuales. La capa formada en el interior (calderos pirotubulares) ó en el exterior (calderos acuotubulares) de los tubos actúan como un aislante que dificulta la transferencia de calor de los gases de combustión al agua y podría producir bajo ciertas circunstancias la corrosión de los tubos, al favorecer la acción de los 03 elementos que resultan agresivos: azufre, vanadio y sodio.

Para este caso, la mejor técnica será la de procurar quemar el combustible con la máxima eficiencia, considerando que el hollín es un inquemado, producto de la ineficiencia.

Siendo inevitable la presencia de algo de hollín, por resultar imposible conseguir una combustión perfecta, y también la presencia de cenizas, en el caso de emplearse combustibles residuales, debe analizarse la posibilidad del empleo de aditivos para minimizar el hollimiento y tarde o temprano considerar la limpieza continua o periódica de los tubos en el lado de los humos, manualmente o utilizando sopladores de hollín para eliminarlo.

El tratamiento del combustible mediante el empleo de aditivos que favorezcan la combustión, deberá ser evaluado en función de la calidad del combustible, las condiciones de operación y el costo de aditivación.

El empleo de aditivos para el vanadio, sodio, y azufre esta basado en las siguientes consideraciones:

- a. La ausencia de magnesio (Mg), los depósitos formados tienen bajo el punto de fusión.
- b. En presencia de Mg , se forman compuestos con puntos de fusión relativamente elevados. Estos depósitos son deleznable y fácilmente removibles.
- c. Cuando un compuesto de Mg pasa por la zona de llama el compuesto se disocia y recombina con oxígeno formando óxido de magnesio.
- d. Cuando el MgO forma parte de los gases de combustión, se forma Sulfato de Magnesio (MgSO_4), en presencia de SO_3 , previniendo la corrosión por ácido sulfúrico.

8. Por la Reducción de Cenizas Fundentes

los combustibles residuales que contienen una serie de metales en forma de sales de bajo punto de fusión, entre las cuales destaca el vanadio.

En presencia de sodio y azufre, el vanadio forma sulfovanadatos de sodio cuyos puntos de fusión son muy bajos (ver cuadro 14), lo cual permite que se adhieran a las superficies de calefacción y paredes interiores de los calderos, generando una serie de problemas que afectan la integridad de los tubos y la transmisión de calor, siendo la corrosión por cenizas fundentes el problema más grave.

Estos compuestos son permeables en estado líquido, actuando como transportadores de oxígeno y permitiendo la consiguiente oxidación del metal. Los productos de la oxidación forman una capa con características aislantes, lo cual reduce la transmisión de calor a través del metal, reduciéndose con ello la eficiencia del caldero.

Para evitar el efecto de las cenizas fundentes, resulta necesario tomar en cuenta las posibilidades de actuar sobre 3 aspectos determinantes:

- a. Procurar disponer de combustibles limpios y si ello no resulta posible, conocer las impurezas presentes y su variación respecto al tiempo.
- b. Mantener condiciones operativas adecuadas y sobre todo estables, para minimizar el efecto de la presencia y la acción de las cenizas.
- c. Seleccionar los materiales metálicos y refractarios para el interior de los calderos, considerando los niveles de agresión corrosiva a los cuales estarán sometidos.

Siendo la corrosión por cenizas fundentes uno de los factores mas importantes que determinan el tiempo de vida de un caldero, la inversión de un sistema para el uso de aditivos químicos representa una buena alternativa, siempre que se utilicen correctamente.

Los aditivos empleados están constituidos a base de magnesio, el cual al combinarse con las impurezas mencionadas (azufre, vanadio y sodio), forman con ellos compuestos complejos de alto punto de fusión.

EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA SUSTITUCIÓN DE COMBUSTIBLE

Se efectuara la evaluación económica para sustituir al Petróleo Diesel Nro. 2, por el Petróleo Industrial Nro. 6, en un caldero de 100 BHP.

I. Cálculo del consumo específico de la caldera.

Se define a la Potencia de Caldera (BHP), como la capacidad de evaporar por completo en una hora 15.69 Kilos de Agua, que se encuentra a 100° C y presión estándar.

Por lo tanto:

$$539.05 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg.}} \times 15.69 \frac{\text{Kg.}}{\text{Hora}} = 8457.69 \frac{\text{Kcal}}{\text{Hora}}$$

donde : C_{LV} = Calor latente de Vaporización del Agua.

$$C_{LV} = 539.05 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg.}}$$

Finalmente:

$$8457.69 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg.}} \times \frac{1000 \text{ BTU}}{252 \text{ Kcal}} = 33562 \frac{\text{BTU}}{\text{Hora}}$$

<u>Combustible</u>	<u>Poder Calorifico, BTU/Gln (*)₁</u>	<u>Galones/BHP</u>
Petróleo Diesel Nro. 2	138,000	0.243
Petróleo Industrial Nro. 5	146,000	0.229
Petróleo Industrial Nro. 6	151,000	0.222

<u>100 BHP (Teórico)</u>	<u>100BHP (Practica) (*)₂</u>
24 Gln/Hora	28 - 35 Gln/Hora
23 Gln/Hora	25 - 30 Gln/Hora
22 Gln/Hora	25 - 30 Gln/Hora

(*)₁ Poder Calorífico Superior, BTU/Gln (promedio)
 (*)₂ Esta en función a la producción.

2. Costo de un Proceso Tradicional - Diesel Nro. 2

Tomaremos como base: 08 Horas/Día de operación del caldero, durante 300 Días/Año.

2.1 Consumo de Combustible: (\$/año)

- El consumo promedio de un caldero de 100 BHP con Diesel Nro. 2 es de 30 gls/Hora.
- El precio del Petróleo Diesel Nro. 2, es de 2.99 Soles/Galón mas IGV (18%). Ver Anexo 14.

Por lo tanto:

$$30 \frac{\text{Gls.}}{\text{Hora}} \times 8 \frac{\text{Horas}}{\text{Día}} \times 300 \frac{\text{Días}}{\text{Año}} \times 2.99 \frac{\text{Soles}}{\text{Gln}} = 215,280 \text{ Soles/Año}$$

A un tipo de cambio (TC) de 2.65 Soles/\$, tenemos 81,237.7 \$ /Año

2.2 Consumo de Aditivos: (\$/año)

- El consumo de combustible será:
72,000 Galones/ Año
- La dosificación del aditivo es de 1 galón por cada 5,000 gls. de combustible.

- El costo del galón de aditivo es de:

12.73 \$/Galón mas IGV (18%). Ver anexo 15.

Por lo tanto:

$$72,000 \times \frac{\text{Gls.}}{\text{Año}} \times 12.73 \frac{\$}{\text{Gln Aditivo}} \times \frac{1 \text{Gln Aditivo}}{5,000 \text{gls Comb.}} = 183.3 \text{ \$/Año.}$$

2.3 Gastos por Flete (\$ / Año)

- El servicio de flete será de 0.063 soles/galón + IGV (18)% a cualquier lugar de Lima Metropolitana, a partir de 2,000 galones. Ver Anexo 16.

Por lo tanto:

$$72,000 \frac{\text{galones}}{\text{Año}} \times 0.063 \frac{\text{soles}}{\text{Gln.}} = 4,536 \text{ Soles/Año}$$

A un tipo de cambio de 2.65 soles / \$ será de 1,171.7 \$ /Año

2.4 Gastos por Mantenimiento Preventivo (\$ / Año)

- El costo de la revisión integral del caldero, es de \$ 600.00 mas IGV (18%). Ver Anexo 17.
- Los trabajos incluyen: Revisión de válvulas de seguridad, limpieza de tubos, tanto del lado de los humos, como del lado de las aguas, revisión de las válvulas y de todo el sistema eléctrico.
- Los otros trabajos de rutina, como la limpieza del coque acumulado, etc., esta contemplado dentro del programa operativo del caldero.
- El mantenimiento preventivo se efectuara 01 vez cada dos meses.

Por lo tanto esta suma asciende a 3,000 \$ /Año .

2.5 Gastos por Control de Calidad del Combustible (\$ / Año)

- El costo de análisis completo para el Petróleo Diesel Nro. 2 es de 650 soles. Ver Anexo 18.
- Se efectuara 01 vez mensualmente.
- El tipo de cambio es de 2.65 soles / \$. Por lo tanto el gasto asciende a 2,943 \$/ Año.

3. Costo del Proceso Modificado - Petróleo Industrial Nro. 6

Tomaremos como base: 08 Horas/ Día de operación del caldero, durante 300 Días/ Año.

3.1 Consumo de Combustible (\$ / Año)

- El consumo promedio de un caldero de 100 BHP con Petróleo Industrial Nro. 6 es de 28 gls/ Hora.
- El precio del Petróleo Industrial Nro. 6 es de 1,430 soles/ Galón mas IGV (18%). Ver Anexo 14.

Por lo tanto:

$$\frac{28 \text{ Gls.}}{\text{Hora}} \times \frac{8 \text{ Horas}}{\text{Día}} \times \frac{300 \text{ Días}}{\text{Año}} \times \frac{1.43 \text{ Soles}}{\text{Gln}} = 96,096 \text{ Soles/Año}$$

A un tipo de cambio de 2.65 soles / \$, será de 36,262.6 \$ /Año .

3.2 Consumo de Aditivos: (\$/año)

- El consumo de combustible será:
67,000 Galones/ Año
- La dosificación del aditivo es de 1 galón por cada 5,000 gls. de combustible.

- El costo del galón de aditivo es de:

16.00 \$/Galón mas IGV (18%). Ver anexo 15.

Por lo tanto:

$$67,000 \times \frac{\text{Gls.}}{\text{Año}} \times 16.00 \frac{\$}{\text{Gln Aditivo}} \times \frac{1 \text{Gln Aditivo}}{5,000 \text{ gls Comb.}} = 214.4 \text{ \$/Año.}$$

3. 3 Gastos por Flete (\$ / Año)

- El servicio de flete será de 0.063 soles/galón + IGV (18)% a cualquier lugar de Lima Metropolitana, a partir de 2,000 galones. Ver Anexo 16.

Por lo tanto:

$$67,000 \frac{\text{galones.}}{\text{Año}} \times 0.063 \frac{\text{soles.}}{\text{Gln.}} = 4,221 \text{ Soles/Año}$$

Aun tipo de cambio de 2.65 soles / \$ será de 1,592.8 \$ /Año

3. 4 Gastos por Mantenimiento Preventivo (\$ / Año)

- El costo de la revisión integral del caldero, es de \$ 800.00 mas IGV (18%). Ver Anexo 17.
- El mantenimiento preventivo se efectuara 01 vez mensualmente. Por lo tanto esta suma asciende a 9,600 \$/Año.

3. 5 Gastos por Control de Calidad del Combustible (\$ / Año)

- El costo de análisis completo para el Petróleo Industrial Nro. 6 es de 500 soles. Ver Anexo 18.
- Se efectuara 01 vez mensualmente.
- El tipo de cambio es de 2.65 soles/ \$. Por lo tanto el gasto asciende a 2,264.2 \$/ Año.

Gastos de Inversión. (\$)

4.1 Asesoramiento Técnico. (\$)

- El asesoramiento que consiste en hacer el estudio y diseño de las modificaciones adicionales a las instalaciones, así como la optimización de los combustibles, hasta la puerta en marcha del caldero tiene un costo es de : \$ 1,500.00 .

4.2 Costo de Instalación y Acondicionamiento del Quemador. (\$)

- Incluye costo de instalación del quemador, así como el acondicionamiento del tanque de combustible y todo circuito de transporte, incluye instalación de bomba de petróleo.
- Presupuesto, a todo costo de materiales, excepto equipos (bombas y quemador) es de \$ 1,800.00 mas IGV (18%). Ver Anexo 19.

4.3 Precio del Quemador. (\$)

- Las características se dan en el Anexo 20.
- El costo es de: \$ 13,800.00 mas IGV (18%).

4.4 Precio de la Bomba de Petróleo. (\$)

- El requerimiento exige una bomba de desplazamiento positivo. Ver Anexo 21.
- El precio es de: \$ 4088.39 mas IGV (18%).

4.5 Costo Total de Inversión. (\$)

- El costo total de la inversión es de: \$ 21,188.39.

Cálculo del Periodo de Repago (Pay Back)

Este indicador permite conocer el periodo en que la inversión puede ser recuperado, sin considerar la actualización de la inversión.

Se determina de la siguiente forma:

$$P = \frac{I}{A - OM}, \text{ años.}$$

, donde:

I : Inversión Total, incluyendo mano de obra y materiales, en \$.

A: Ahorro anual debido a la reducción del consumo energético, en \$/ Año.

OM: Costos anuales de operación y mantenimiento correspondiente a la aplicación de la mejora \$/ Año.

a. Cálculo de A: (\$)

- Para el Petróleo Diesel Nro. 2: \$ 86,076.10
- Para el Petróleo Industrial Nro. 6: \$ 40,334.00

Por lo tanto el valor de A es de 45,742.10 \$/ Año.

b. Cálculo de “OM”: (\$)

- Para el Petróleo Diesel Nro. 2: \$ 3,000
- Para el Petróleo Industrial Nro. 6: \$ 9,600

Por lo tanto el valor de OM es de 6,600 \$/ Año.

c. Valor de I :

El valor de I será: \$ 21,188.39

d. Cálculo de P : (\$)

$$P = \frac{\$ 21,188.39}{45,742.1 \$/\text{Año} - 6,600 \$/\text{Año}} = 0.541 \text{ años.}$$

. Cálculo del Retorno de Inversión

Este indicador permite conocer el porcentaje que representa el ahorro anual neto, respecto a la inversión. Toma en cuenta la vida útil estimada del equipo de sistema.

El calculo del valor del Retorno de Inversión se expresa mediante la siguiente igualdad:

$$R = \frac{A - OM - D}{I} \times 100 \%$$

, donde:

A: Ahorro anual debido a la reducción del consumo energético, en \$/ Año.

OM: Costos anuales de operación y mantenimiento correspondiente a la aplicación de la mejora \$/ Año.

D: I/V = Depreciación anual del equipo o sistema a instalar, en \$/Año.

V: Vida útil estimada del equipo o sistema a instalar, en años

I : Inversión Total, incluyendo mano de obra y materiales, en \$.

a. Valor de OM : (\$)

El valor de OM es de 6,600 \$/Año.

b. Valor de I : (\$)

El valor de I será: \$ 21,188.39

c. Valor de V :

El valor de V será: 10 años.

d. Cálculo de D: (\$)

- La vida útil del equipo será no menor de 10 años.
- Por lo tanto el valor de D es:

$$D = \frac{I}{V} = \frac{21,188.39 \$}{10 \text{ años}} = 2118.84 \$ / \text{Años}$$

e. Valor de A : (\$)

El valor de A será: 45,742.10 \$/Año.

f. Cálculo de R : (\$)

$$R = \frac{(45,742.1 - 6,600 - 2,118.4) \$ / \text{Año}}{(21,188.39) \$} \times 100 \%$$

$$R = 174 \%$$

De todos los cálculos obtenidos se presenta a continuación el siguiente resumen de la Evaluación Económica de la sustitución del combustible.

Resumen de la Evaluación Económica

	Proceso Tradicional Diesel 2	Proceso Modificado Residual 6
Consumo Específico de la Caldera, 100 BHP	30 galones / hora	28 galones / hora
Consumo de combustible, \$ / Año	81,237.7	36,262.6
Consumo de Aditivos, \$ / Año	183,3	214.4
Transporte, \$ / Año	1,711.7	1,592.8
Mantenimiento, \$ / Año	3,000.0	9,600.0
Control de Calidad, \$ / Año	2,943.0	2,264.2

Base: Caldera que trabaja 8 Horas / Día, durante 300 Días / Año.

Resumen del Costo de la Inversión

Detalle del Costo de Inversión	Costo Total del Proceso Modificado en \$
Asesoramiento Técnico, \$	1,500.0
Instalación y Acondicionamiento del Quemador, \$	1,800.0
Quemador de Petróleo, \$	13,800.0
Bomba de Petróleo, \$	4,088.4
Total de Inversión, \$	21,188.39

Resumen de los Indicadores Económicos

Periodo de Repago	Retorno de la Inversión
0,541 Años	174 % / Año

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

.. Conclusiones

A. Para poder utilizar eficientemente los combustibles y obtener una combustión perfecta, se deberá tener en cuenta tres factores que se han de conjugar correctamente durante la aplicación:

- a) Los fundamentos teóricos: En ella se involucra el conocimiento de la teoría de la combustión, así como los principios físico-químicos de las reacciones de los hidrocarburos. Es importante también conocer las características electromecánicas y los principios de operación de los equipos.
- b) La experiencia práctica: Basado sobre todo en los años que el profesional ha manejado adecuadamente los factores técnicos, mecánicos y humanos, sobre todo a escala industrial.
- c) El criterio y las ganas de actuación: En ello se pone en función la capacidad de proceder según las condiciones y características particulares de cada caso específico, donde la actuación del personal deberá estar orientada hacia los objetivos trazados.

B. El esquema básico de la Combustión Industrial, establece que una buena combustión requiere tres condiciones totalmente definidas:

- a) Una proporción correcta de aire-combustible. El quemador es quien establecerá los márgenes de regulación del aire y del combustible, asegurando el suministro adecuado de ambos.
 - b) Mezcla adecuada aire-combustible. Es también el quemador quien deberá proporcionar las mejores condiciones de mezcla, siendo esta función del diseño del quemador.
 - c) Ignición inicial de la mezcla. La mezcla se encenderá solo al alcanzar su temperatura mínima de ignición, variable que depende de cada combustible. Debe tenerse en cuenta que la ignición inicial de la mezcla requiere del aporte del calor de la fuerza externa, y que al producirse las reacciones de combustión se mantendrá la combustión sin necesidad de la fuerza externa.
- C. Muchas veces el punto de partida de una buena operación esta con el tanque de almacenamiento, donde se depositan las impurezas del petróleo, así como las del medio ambiente. La formación de borra es inevitable en el tiempo, por lo cual se debe tener un programa de mantenimiento y limpieza del tanque. Se debe poner de manifiesto que un tanque con borra de petróleo en el fondo, provoca la obstrucción de filtros y tuberías, así como taponamiento de quemadores, sobre todo cuando es succionado por las bombas de alimentación, causando por ende, una mala operación.
- D. Como los quemadores son equipos mecánicos alejados de una perfección teórica, la regulación de las variables de operación siempre resulta inestable, razón por la cual siempre se aprecian cantidades considerables de oxígeno, monóxido de carbono y trazas de carbón en los gases de

chimenea. Determinar su presencia y la cantidad de estos elementos en los gases de combustión ayudan a interpretar correctamente las causas de anomalías, permitiendo corregir la regulación y los controles de equipos, logrando optimizar la combustión.

E. La presencia de inquemados sólidos, registrada como opacidad de los humos, resulta indicativa de una combustión defectuosa, por las siguientes causas:

- a) Mal funcionamiento del ventilador.
- b) Combustible mal preparado o contaminado.
- c) Boquilla defectuosa o inadecuada. Mala pulverización.
- d) Relación de aire/combustible inadecuada.
- f) Regulador de tiro mal ajustado, generándose un tiro insuficiente.

F. La temperatura de los gases de chimenea resulta ser un indicador del mal nivel de pérdidas de calor hacia la atmósfera, donde cualquier temperatura anormalmente elevada indicará una disminución en la eficiencia de la combustión y puede ser ocasionado por las siguientes causas:

- a) Exceso de tiro, por mal ajuste del regulador de tiro.
- b) Superficies de transferencia de calor (turbos) con depósitos de hollín.
- c) Exceso de combustión.
- d) Tiempo de recorrido de los gases de combustión muy cortos.

G. El cambio de quemador de un caldero de 100 BHP, con el objeto de sustituir el Petróleo Diesel 2 por el Petróleo Industrial 6, es una alternativa para el ahorro energético. En este caso específico, según los cálculos efectuados, el Retorno de la Inversión es del 174% anual, con respecto a la inversión. Una equivalencia a esto es, que la inversión recuperada será en 1,298 horas de operación del caldero, tomando como base los precios de los actuales combustibles, costos de equipos y mano de obra.

H. Actualmente en el mercado se comercializan desde las plantas de venta el Kerosene, el Petróleo Diesel 2, el Petróleo Industrial 6 y el Petróleo Industrial R-500 como combustibles industriales; pero el Petróleo Industrial 4 y Petróleo Industrial 5 son despachados según los porcentajes indicados en el momento de la compra, en el mismo camión cisterna. Esto indica que no son mezclados previamente, ni preparado en tanques especiales.

Frente a esto, existen plantas distribuidoras, que se dedican a preparar combustibles en tanques acondicionados para estos propósitos. Estos dan una mayor garantía en la uniformidad de la mezcla, pero no nos garantizan que las proporciones utilizadas sean las correctas, llevando a pensar que muchas veces en una adulteración de combustibles, como un recurso para incrementar sus márgenes de utilidad.

I. A simple vista, las condiciones en que se realiza la combustión en equipos industriales, no resulta suficiente la combustión y proceder a los ajustes que resulten recomendables. A la inversa, el disponer de los equipos de medición mas completos y sofisticados no representa ninguna garantía de

conseguir buenos resultados. La exactitud de los resultados se determina por la manera con la cual el equipo de medición es usado. La forma en que los resultados son procesados e interpretados, son los puntos más importantes para lograr los objetivos de mejora de la eficiencia; siendo los principales parámetros relacionados con la combustión los siguientes:

- Medición de Temperaturas.
- Análisis de Gases de Combustión.
- Medida de Presión de Gases.
- Medida de Caudal de Gases.

J. Resulta improbable que se pueda utilizar eficientemente un aditivo en equipos con un deficiente ajuste operativo; por ello siempre deberá efectuarse la optimización operativa de cualquier sistema antes de considerar la utilización de aditivos.

K. Comparando los precios vigentes en el mercado con los precios internacionales para los próximos 5 años observamos que este proyecto no sufrirá variación alguna por el incremento de los precios de los combustibles a nivel nacional.

2. Recomendaciones

A. Las características de calidad del combustible que requieren los quemadores industriales están principalmente relacionadas con la viscosidad del combustible. Esta propiedad tiene gran influencia en el

grado de atomización que resulta necesario para lograr una combustión eficiente.

Por eso se debe de tener en cuenta que los quemadores industriales son diseñados para operar con combustibles que tienen un rango de viscosidad entre 11 - 60 cst, por lo que siempre que se mantenga al combustible residual dentro de este rango, atomizara sin dificultad.

- B. En la práctica industrial, resulta imprescindible identificar plenamente a los combustible, sobre todo en las siguientes propiedades fisico-químicas:
- a) Gravedad específica.
 - b) Viscosidad.
 - c) Punto de inflamación o inflamidad.
 - d) Residuos de carbón, conradson y cenizas.
 - e) Poder calorifico.
 - f) Contenido de azufre y metales.
- C. La presencia de impurezas en el combustible, su naturaleza y composición, así como los compuestos que forman durante la combustión, resultan factores determinantes de las posibilidades y conveniencias de empleo delos diferentes combustibles que pueden constituir operaciones de elección para cada tipo de quemador.
- D. Es importante un control fisico de stock de combustibles en el tanque, para evitar perdidas por sustracciones y además para poder llevar un registro del consumo de combustible.

Por esto, se recomienda controlar el volumen facturado y recibido en la planta, mediante el peso del producto, verificando con la densidad del producto (kilos/galón).

- E. El objetivo de sustituir un combustible por otro, sin modificar cambio alguno en el caldero, es la de formular un combustible con características que no salgan fuera de especificaciones con respecto a las normas vigentes para los petróleos residuales, a menor costo. Por ejemplo, sustituir el Petróleo Industrial Nro. 5 que se comercializa actualmente como una mezcla de 30% de Diesel 2 y 70% de Petróleo Industrial Nro. 6, a un precio de 1,8980 soles/galón; por un combustible, cuya mezcla sea del 21% de Kerosene y 79% de Petróleo Industrial Nro. 6, a un precio de 1,6190 soles/galón.

Esta sustitución de combustible generaría un ahorro de 0,279 por galón consumido por el caldero.

- F. En cuanto a la calidad de los aditivos, se puede afirmar que todos los aditivos son buenos, por lo cual la eficiencia de su empleo dependen fundamentalmente de la forma en que se utilicen de acuerdo a las circunstancias en las plantas industriales.

En todas la etapas (Precombustión, combustión y postcombustión) la selección correcta del aditivo, debe considerarse evaluando todos los elementos que conforman el análisis técnico-económico de un proyecto de Auditoría Energética.

BIBLIOGRAFÍA

DATA BOOK ON HIDROCARBUROS
APLICACION TO PROCESS ENGINEERING

Autor: J.B. Maxwell

Publicado por: D. Van Nostrand Company, Inc
New Jersey Junio, 1,965

REFINO DE PETROLEO

Autor: J. H. Gary

G.E. Handwerk

Publicado por: Editorial Reverte, S.A.
España, 1,980

CURSO: PRODUCTOS PETROLEROS

Publicado por: Petróleos del Peru, Refinería La Pampilla
Unidad de Capacitación

Lima, 1,986

CURSO: CALDEROS Y COMBUSTIBLES

Publicado por: Petróleos del Peru

Unidad de Capacitación

Lima, Octubre, 1,986

MANUAL: "FUNDAMENTOS DE REFINACION DEL PETROLEO"

Publicado por: Grupo de Procesos y de Entrenamiento de la Refinería
Amuay - Venezuela

PETROLEUM REFINERY ENGINEERING

Autor: W. L. Nelson

Publicado por: Mc. Graw Hill Book Company, Inc
New York, 1,949

EL PETROLEO: REFINO Y TRATAMIENTO QUIMICO

Autor: Pierre Wuithier

Publicado por: "Societe Des Editions Technip"
Francia, 1,973

LA UTILIZACION EFICIENTE DE LOS COMBUSTIBLES

Autor: Joaquín Ocon García

Publicado por: Aguilar S.A. de Ediciones

Madrid, 1,963

QUIMICA DEL PETROLEO Y DEL GAS

Autor: A. E. Drabkin

Publicado por: Editorial "MIR"

URSS, 1,981

NORMAS TECNICAS PERUANA - INDECOPI

Publicado en : Diciembre 1,966 - Para el Kerosene

Publicado en : Abril 1,989 - Para el Diesel 2

Publicado en : Abril 1,989 - Para los Residuales

MANUAL FISHER / TAG

Autor: Manufactures and Distributors of Fisher/TAG Instruments

Publicado por: Fisher Scientific, 1,954

MANUAL DE EFICIENCIA ENERGETICA DE CALDERAS INDUSTRIALES

Publicado por: Instituto de Investigación Tecnología y de Normas Técnicas
NTITEC

CALDERAS: TIPOS, CARACTERISTICAS Y SUS FUNCIONES

Autor: Carl Shield

Publicado por: Compañía Editorial Continental S.A.

Mexico, Junio 1,973

HORNOS DE PROCESO

Autor: Loek de Gruijter

Publicado por: Petróleos del Perú - PETROPERU

Lima, Agosto 1,996

MANUAL DEL INGENIERO MECANICO

Autor: Marks / Baumeister

Publicado por: Mc Graw Hill, 2^{da} Edición

Mexico, Abril 1,987

BIBLIOTECA DEL INGENIERO QUIMICO

Autor: Robert Perry / Cecil Chilton

Publicado por: Mc Graw Hill, 5^{ta} Edición

Mexico, Agosto 1, 1990

CALDERAS INDUSTRIALES Y MARINAS

Autor: Angel Vargas Zuñiga

Publicado por: Editorial Series VZ

Ecuador, 1, 1997

OIL & GAS JOURNAL

Revista International Petroleum News and Technology

August 4, 1, 1997

RELACIÓN DE ANEXOS

- Anexo 1:** Tabla de Corrección de la Gravedad API a 60° F.
- Anexo 2:** Tabla de Corrección Volumétrica a 60° F.
- Anexo 3:** Calor de Combustión de los Fuel Oils y Fracciones de Petróleo (g¹).
- Anexo 4:** Calor Recuperado para un Fuel Oil de 0° API (g²).
- Anexo 5:** Calor Recuperado para un Fuel Oil de 5° API (g³).
- Anexo 6:** Calor Recuperado para un Fuel Oil de 10° API (g⁴).
- Anexo 7:** Calor Recuperado para un Fuel Oil de 15° API (g⁵).
- Anexo 8:** Calor Recuperado para un Fuel Oil de 20° API (g⁶).
- Anexo 9:** Nomograma de las Propiedades Físicas de las Fracciones del Petróleo.
- Anexo 10:** Tablas de Valores del Índice de Mezclado para el punto de Inflamación.
- Anexo 11:** Tablas de Valores del Índice de Mezclado para la Viscosidad
- Anexo 12A:** Resultado de Análisis para el Petróleo Nro. 4
- Anexo 12B:** Resultado de Análisis para el Petróleo Nro. 5
- Anexo 13A:** Tablas de Conversiones de Saybolt Universal y Furol.
- Anexo 13B:** Nomograma de Conversión de Viscosidades Cinemática, Saybolt Furol y Universal.
- Anexo 14:** Lista de Precios de Combustibles. RELAPASA.
- Anexo 15:** Cotización de los Aditivos de Petróleo.
- Anexo 16:** Cotización del Transporte de Combustible.
- Anexo 17:** Presupuesto del Mantenimiento Preventivo de una Caldera de 100 BHP.
- Anexo 18:** Cotización del Control de Calidad de los Combustibles.
- Anexo 19:** Presupuesto de Instalación y Acondicionamiento del Quemador.
- Anexo 20:** Precio del Quemador.
- Anexo 21:** Precio de la Bomba.

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
0	13.1	14.2	15.2	16.3	17.3	18.3	19.4	20.4	21.5	22.5
1	13.1	14.1	15.2	16.2	17.2	18.3	19.3	20.4	21.4	22.5
2	13.0	14.1	15.1	16.1	17.2	18.2	19.3	20.3	21.4	22.4
3	13.0	14.0	15.0	16.1	17.1	18.2	19.2	20.3	21.3	22.4
4	12.9	13.9	15.0	16.0	17.1	18.1	19.2	20.2	21.2	22.3
5	12.8	13.9	14.9	16.0	17.0	18.1	19.1	20.1	21.2	22.2
6	12.8	13.8	14.9	15.9	17.0	18.0	19.0	20.1	21.1	22.2
7	12.7	13.8	14.8	15.9	16.9	17.9	19.0	20.0	21.1	22.1
8	12.7	13.7	14.8	15.8	16.8	17.9	18.9	20.0	21.0	22.0
9	12.6	13.7	14.7	15.7	16.8	17.8	18.9	19.9	20.9	22.0
10	12.6	13.6	14.7	15.7	16.7	17.8	18.8	19.8	20.9	21.9
11	12.5	13.6	14.6	15.6	16.7	17.7	18.8	19.8	20.8	21.9
12	12.5	13.5	14.5	15.6	16.6	17.7	18.7	19.7	20.8	21.8
13	12.4	13.5	14.5	15.5	16.6	17.6	18.6	19.7	20.7	21.7
14	12.4	13.4	14.4	15.5	16.5	17.5	18.6	19.6	20.7	21.7
15	12.3	13.3	14.4	15.4	16.5	17.5	18.5	19.6	20.6	21.6
16	12.3	13.3	14.3	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.5	21.6
17	12.2	13.2	14.3	15.3	16.3	17.4	18.4	19.4	20.5	21.5
18	12.2	13.2	14.2	15.3	16.3	17.3	18.3	19.4	20.4	21.4
19	12.1	13.1	14.2	15.2	16.2	17.3	18.3	19.3	20.4	21.4
20	12.0	13.1	14.1	15.1	16.2	17.2	18.2	19.3	20.3	21.3
21	12.0	13.0	14.1	15.1	16.1	17.1	18.2	19.2	20.2	21.3
22	11.9	13.0	14.0	15.0	16.1	17.1	18.1	19.1	20.2	21.2
23	11.9	12.9	13.9	15.0	16.0	17.0	18.1	19.1	20.1	21.1
24	11.8	12.9	13.9	14.9	15.9	17.0	18.0	19.0	20.1	21.1
25	11.8	12.8	13.8	14.9	15.9	16.9	17.9	19.0	20.0	21.0
26	11.7	12.8	13.8	14.8	15.8	16.9	17.9	18.9	19.9	21.0
27	11.7	12.7	13.7	14.8	15.8	16.8	17.8	18.9	19.9	20.9
28	11.6	12.7	13.7	14.7	15.7	16.8	17.8	18.8	19.8	20.9
29	11.6	12.6	13.6	14.6	15.7	16.7	17.7	18.7	19.8	20.8
30	11.5	12.5	13.6	14.6	15.6	16.6	17.7	18.7	19.7	20.7
31	11.5	12.5	13.5	14.5	15.6	16.6	17.6	18.6	19.7	20.7
32	11.4	12.4	13.5	14.5	15.5	16.5	17.6	18.6	19.6	20.6
33	11.4	12.4	13.4	14.4	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5	20.6
34	11.3	12.3	13.4	14.4	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.5
35	11.3	12.3	13.3	14.3	15.3	16.4	17.4	18.4	19.4	20.4
36	11.2	12.2	13.3	14.3	15.3	16.3	17.3	18.3	19.4	20.4
37	11.2	12.2	13.2	14.2	15.2	16.3	17.3	18.3	19.3	20.3
38	11.1	12.1	13.1	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2	19.2	20.3
39	11.1	12.1	13.1	14.1	15.1	16.1	17.2	18.2	19.2	20.2
40	11.0	12.0	13.0	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1	20.1
41	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.1	19.1	20.1
42	10.9	11.9	12.9	13.9	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0
43	10.9	11.9	12.9	13.9	14.9	15.9	16.9	17.9	19.0	20.0
44	10.8	11.8	12.8	13.8	14.9	15.9	16.9	17.9	18.9	19.9
45	10.8	11.8	12.8	13.8	14.8	15.8	16.8	17.8	18.8	19.9
46	10.7	11.7	12.7	13.7	14.7	15.8	16.8	17.8	18.8	19.8
47	10.7	11.7	12.7	13.7	14.7	15.7	16.7	17.7	18.7	19.7
48	10.6	11.6	12.6	13.6	14.6	15.6	16.7	17.7	18.7	19.7
49	10.6	11.6	12.6	13.6	14.6	15.6	16.6	17.6	18.6	19.6
50	10.5	11.5	12.5	13.5	14.6	15.5	16.5	17.6	18.6	19.6

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
50	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.6	18.6	19.6
51	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5	19.5
52	10.1	11.4	12.4	13.4	14.4	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5
53	10.4	11.4	12.4	13.4	14.4	15.4	16.4	17.4	18.4	19.4
54	10.3	11.3	12.3	13.3	14.3	15.3	16.3	17.3	18.3	19.3
55	10.2	11.3	12.3	13.3	14.3	15.3	16.3	17.3	18.3	19.3
56	10.2	11.2	12.2	13.2	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2	19.2
57	10.1	11.2	12.2	13.2	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2	19.2
58	10.1	11.1	12.1	13.1	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1
59	10.0	11.1	12.1	13.1	14.1	15.1	16.1	17.1	18.1	19.1
60	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0
61	10.0	10.9	11.9	12.9	13.9	14.9	16.0	16.9	17.9	18.9
62	9.9	10.8	11.9	12.9	13.9	14.9	15.9	16.9	17.9	18.9
63	9.9	10.8	11.8	12.8	13.8	14.8	15.8	16.8	17.8	18.8
64	9.8	10.8	11.8	12.8	13.8	14.8	15.8	16.8	17.8	18.8
65	9.8	10.7	11.7	12.7	13.7	14.7	15.7	16.7	17.7	18.7
66	9.7	10.7	11.7	12.7	13.7	14.7	15.7	16.7	17.7	18.7
67	9.7	10.6	11.6	12.6	13.6	14.6	15.6	16.6	17.6	18.6
68	9.6	10.6	11.6	12.6	13.6	14.6	15.6	16.6	17.6	18.5
69	9.6	10.6	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.5	18.5
70	9.5	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.4	18.4
71	9.5	10.4	11.4	12.4	13.4	14.4	15.4	16.4	17.4	18.4
72	9.4	10.4	11.4	12.4	13.4	14.4	15.4	16.3	17.3	18.3
73	9.4	10.3	11.3	12.3	13.3	14.3	15.3	16.3	17.3	18.3
74	9.3	10.3	11.3	12.3	13.3	14.3	15.2	16.2	17.2	18.2
75	9.3	10.2	11.2	12.2	13.2	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2
76	9.2	10.2	11.2	12.2	13.2	14.2	15.1	16.1	17.1	18.1
77	9.2	10.2	11.1	12.1	13.1	14.1	15.1	16.1	17.1	18.0
78	9.1	10.1	11.1	12.1	13.1	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0
79	9.1	10.1	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	17.9
80	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	13.9	14.9	15.9	16.9	17.9
81	9.0	10.0	10.9	11.9	12.9	13.9	14.9	15.9	16.8	17.8
82	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9	13.8	14.8	15.8	16.8	17.8
83	8.9	9.9	10.8	11.8	12.8	13.8	14.8	15.8	16.7	17.7
84	8.8	9.8	10.8	11.8	12.8	13.7	14.7	15.7	16.7	17.7
85	8.8	9.8	10.7	11.7	12.7	13.7	14.7	15.6	16.6	17.6
86	8.7	9.7	10.7	11.7	12.7	13.6	14.6	15.6	16.6	17.5
87	8.7	9.7	10.6	11.6	12.6	13.6	14.6	15.5	16.5	17.5
88	8.6	9.6	10.6	11.6	12.5	13.5	14.5	15.5	16.5	17.4
89	8.6	9.6	10.5	11.5	12.5	13.5	14.5	15.4	16.4	17.4
90	8.5	9.5	10.5	11.5	12.4	13.4	14.4	15.4	16.4	17.3
91	8.5	9.5	10.4	11.4	12.4	13.4	14.3	15.3	16.3	17.3
92	8.4	9.4	10.4	11.4	12.3	13.3	14.3	15.3	16.2	17.2
93	8.4	9.4	10.3	11.3	12.3	13.3	14.2	15.2	16.2	17.2
94	8.4	9.3	10.3	11.3	12.2	13.2	14.2	15.2	16.1	17.1
95	8.3	9.3	10.2	11.2	12.2	13.2	14.1	15.1	16.1	17.1
96	8.3	9.2	10.2	11.2	12.1	13.1	14.1	15.1	16.0	17.0
97	8.2	9.2	10.2	11.1	12.1	13.1	14.0	15.0	16.0	17.0
98	8.2	9.1	10.1	11.1	12.0	13.0	14.0	15.0	15.9	16.9
99	8.1	9.1	10.1	11.0	12.0	13.0	13.9	14.9	15.9	16.8
100	8.1	9.0	10.0	11.0	11.9	12.9	13.9	14.9	15.8	16.8

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
100	8.1	9.0	10.0	11.0	11.9	12.9	13.9	14.9	15.8	16.8
101	8.0	9.0	10.0	10.9	11.9	12.9	13.8	14.8	15.8	16.7
102	8.0	8.9	9.9	10.9	11.8	12.8	13.8	14.7	15.7	16.7
103	7.9	8.9	9.9	10.8	11.8	12.8	13.7	14.7	15.7	16.6
104	7.9	8.8	9.8	10.8	11.7	12.7	13.7	14.6	15.6	16.6
105	7.8	8.8	9.8	10.7	11.7	12.7	13.6	14.6	15.6	16.5
106	7.8	8.8	9.7	10.7	11.6	12.6	13.6	14.5	15.5	16.5
107	7.7	8.7	9.7	10.6	11.6	12.6	13.5	14.5	15.5	16.4
108	7.7	8.7	9.6	10.6	11.5	12.5	13.5	14.4	15.4	16.4
109	7.6	8.6	9.6	10.5	11.5	12.5	13.4	14.4	15.3	16.3
110	7.0	8.6	9.5	10.5	11.5	12.4	13.4	14.3	15.3	16.3
111	7.6	8.5	9.5	10.4	11.4	12.4	13.3	14.3	15.2	16.2
112	7.5	8.5	9.4	10.4	11.4	12.3	13.3	14.2	15.2	16.1
113	7.5	8.4	9.4	10.3	11.3	12.3	13.2	14.2	15.1	16.1
114	7.4	8.4	9.3	10.3	11.3	12.2	13.2	14.1	15.1	16.0
115	7.4	8.3	9.3	10.2	11.2	12.2	13.1	14.1	15.0	16.0
116	7.3	8.3	9.2	10.2	11.2	12.1	13.1	14.0	15.0	15.9
117	7.3	8.2	9.2	10.2	11.1	12.1	13.0	14.0	14.9	15.9
118	7.2	8.2	9.1	10.1	11.1	12.0	13.0	13.9	14.9	15.8
119	7.2	8.1	9.1	10.1	11.0	12.0	12.9	13.9	14.8	15.8
120	7.1	8.1	9.1	10.0	11.0	11.9	12.9	13.8	14.8	15.7
121	7.1	8.1	9.0	10.0	10.9	11.9	12.8	13.8	14.7	15.7
122	7.0	8.0	9.0	9.9	10.9	11.8	12.8	13.7	14.7	15.6
123	7.0	8.0	8.9	9.9	10.8	11.8	12.7	13.7	14.6	15.6
124	7.0	7.9	8.9	9.8	10.8	11.7	12.7	13.6	14.6	15.5
125	6.9	7.9	8.8	9.8	10.7	11.7	12.6	13.6	14.5	15.5
126	6.9	7.8	8.8	9.7	10.7	11.6	12.6	13.5	14.5	15.4
127	6.8	7.8	8.7	9.7	10.6	11.6	12.5	13.5	14.4	15.4
128	6.8	7.7	8.7	9.6	10.6	11.5	12.5	13.4	14.4	15.3
129	6.7	7.7	8.6	9.6	10.5	11.5	12.4	13.4	14.3	15.3
130	6.7	7.6	8.6	9.5	10.5	11.4	12.4	13.3	14.3	15.2
131	6.6	7.6	8.5	9.5	10.4	11.4	12.3	13.3	14.2	15.2
132	6.6	7.5	8.5	9.4	10.4	11.3	12.3	13.2	14.2	15.1
133	6.5	7.5	8.4	9.4	10.3	11.3	12.2	13.2	14.1	15.1
134	6.5	7.4	8.4	9.3	10.3	11.2	12.2	13.1	14.1	15.0
135	6.5	7.4	8.4	9.3	10.2	11.2	12.1	13.1	14.0	15.0
136	6.4	7.4	8.3	9.3	10.2	11.1	12.1	13.0	14.0	14.9
137	6.4	7.3	8.3	9.2	10.2	11.1	12.0	13.0	13.9	14.9
138	6.3	7.3	8.2	9.2	10.1	11.0	12.0	12.9	13.9	14.8
139	6.3	7.2	8.2	9.1	10.1	11.0	11.9	12.9	13.8	14.8
140	6.2	7.2	8.1	9.1	10.0	11.0	11.9	12.8	13.8	14.7
141	6.2	7.1	8.1	9.0	10.0	10.9	11.8	12.8	13.7	14.7
142	6.1	7.1	8.0	9.0	9.9	10.9	11.8	12.7	13.7	14.6
143	6.1	7.0	8.0	8.9	9.9	10.8	11.7	12.7	13.6	14.5
144	6.0	7.0	7.9	8.9	9.8	10.8	11.7	12.6	13.6	14.5
145	6.0	6.9	7.9	8.8	9.8	10.7	11.6	12.6	13.5	14.4
146	6.0	6.9	7.8	8.8	9.7	10.7	11.6	12.5	13.5	14.4
147	5.9	6.9	7.8	8.7	9.7	10.6	11.6	12.5	13.4	14.3
148	5.9	6.8	7.8	8.7	9.6	10.6	11.5	12.4	13.4	14.3
149	5.8	6.8	7.7	8.6	9.6	10.5	11.5	12.4	13.3	14.2
150	5.8	6.7	7.7	8.6	9.5	10.5	11.4	12.3	13.3	14.2

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
150	5.8	6.7	7.7	8.6	9.5	10.5	11.4	12.3	13.3	14.2
151	5.7	6.7	7.6	8.6	9.5	10.4	11.4	12.3	13.2	14.1
152	5.7	6.6	7.6	8.5	9.4	10.4	11.3	12.2	13.2	14.1
153	5.6	6.6	7.5	8.5	9.4	10.3	11.3	12.2	13.1	14.0
154	5.6	6.5	7.5	8.4	9.4	10.3	11.2	12.1	13.1	14.0
155	5.0	6.5	7.4	8.4	9.3	10.2	11.2	12.1	13.0	14.0
156	5.5	6.4	7.4	8.3	9.3	10.2	11.1	12.1	13.0	13.9
157	5.6	6.4	7.3	8.3	9.2	10.2	11.1	12.0	12.9	13.9
158	5.4	6.4	7.3	8.2	9.2	10.1	11.0	12.0	12.9	13.8
159	5.4	6.3	7.2	8.2	9.1	10.1	11.0	11.9	12.8	13.8
160	5.3	6.3	7.2	8.1	9.1	10.0	10.9	11.9	12.8	13.7
161	5.3	6.2	7.2	8.1	9.0	10.0	10.9	11.8	12.7	13.7
162	5.2	6.2	7.1	8.0	9.0	9.9	10.8	11.8	12.7	13.6
163	5.2	6.1	7.1	8.0	8.9	9.9	10.8	11.7	12.6	13.6
164	5.1	6.1	7.0	8.0	8.9	9.8	10.8	11.7	12.6	13.5
165	5.1	6.0	7.0	7.9	8.8	9.8	10.7	11.6	12.5	13.5
166	5.1	6.0	6.9	7.9	8.8	9.7	10.7	11.6	12.6	13.4
167	5.0	6.0	6.9	7.8	8.8	9.7	10.6	11.5	12.4	13.4
168	5.0	6.9	6.8	7.8	8.7	9.6	10.6	11.5	12.4	13.3
169	4.9	5.9	6.8	7.7	8.7	9.6	10.5	11.4	12.4	13.3
170	4.9	5.8	6.7	7.7	8.6	9.5	10.5	11.4	12.3	13.2
171	4.8	5.8	6.7	7.6	8.6	9.5	10.4	11.3	12.3	13.2
172	4.8	5.7	6.7	7.5	8.5	9.5	10.4	11.2	12.2	13.1
173	4.7	5.7	6.6	7.5	8.5	9.4	10.3	11.2	12.2	13.1
174	4.7	5.6	6.6	7.5	8.4	9.4	10.3	11.2	12.1	13.0
175	4.7	5.6	6.5	7.5	8.4	9.3	10.2	11.2	12.1	13.0
176	4.6	5.5	6.5	7.4	8.3	9.3	10.2	11.1	12.0	12.9
177	4.6	5.5	6.4	7.4	8.3	9.2	10.2	11.1	12.0	12.9
178	4.6	5.5	6.4	7.3	8.2	9.2	10.1	11.0	11.9	12.8
179	4.5	5.4	6.3	7.3	8.2	9.1	10.1	11.0	11.9	12.8
180	4.4	5.4	6.3	7.2	8.2	9.1	10.0	10.9	11.8	12.7
181	4.4	5.3	6.3	7.2	8.1	9.0	10.0	10.9	11.8	12.7
182	4.3	5.3	6.2	7.1	8.1	9.0	9.9	10.8	11.7	12.6
183	4.3	5.2	6.2	7.1	8.0	8.9	9.9	10.8	11.7	12.6
184	4.3	5.2	6.1	7.0	8.0	8.9	9.8	10.7	11.6	12.5
185	4.2	5.1	6.1	7.0	7.9	8.9	9.8	10.7	11.6	12.5
186	4.2	5.1	6.0	7.0	7.9	8.8	9.7	10.7	11.6	12.5
187	4.1	5.1	6.0	6.9	7.8	8.8	9.7	10.6	11.5	12.4
188	4.1	5.0	5.9	6.9	7.8	8.7	9.6	10.6	11.5	12.4
189	4.0	5.0	5.9	6.8	7.7	8.7	9.6	10.5	11.4	12.3
190	4.0	4.9	5.8	6.8	7.7	8.6	9.6	10.5	11.4	12.3
191	3.9	4.9	5.8	6.7	7.7	8.6	9.5	10.4	11.3	12.2
192	3.9	4.8	5.8	6.7	7.6	8.5	9.5	10.4	11.3	12.2
193	3.9	4.8	5.7	6.6	7.6	8.5	9.4	10.3	11.2	12.1
194	3.8	4.7	5.7	6.6	7.5	8.4	9.4	10.3	11.2	12.1
195	3.8	4.7	5.6	6.5	7.5	8.4	9.3	10.2	11.1	12.0
196	3.7	4.6	5.6	6.5	7.4	8.4	9.3	10.2	11.1	12.0
197	3.7	4.6	5.5	6.5	7.4	8.3	9.2	10.2	11.1	11.9
198	3.6	4.6	5.5	6.4	7.3	8.3	9.2	10.1	11.0	11.9
199	3.6	4.5	5.4	6.4	7.3	8.2	9.1	10.1	11.0	11.9
200	3.5	4.5	5.4	6.3	7.2	8.2	9.1	10.0	10.9	11.8

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
200	3.5	4.5	5.4	6.3	7.2	8.2	9.1	10.0	10.9	11.8
201	3.5	4.4	5.3	6.3	7.2	8.1	9.0	10.0	10.9	11.8
202	3.5	4.4	5.3	6.2	7.2	8.1	9.0	9.9	10.8	11.7
203	3.4	4.3	5.3	6.2	7.1	8.0	9.0	9.9	10.8	11.7
204	3.4	4.3	5.2	6.1	7.1	8.0	8.9	9.8	10.7	11.6
205	3.3	4.2	5.2	6.1	7.0	7.9	8.9	9.8	10.7	11.6
206	3.3	4.2	5.1	6.0	7.0	7.9	8.9	9.7	10.6	11.5
207	3.2	4.2	5.1	6.0	6.9	7.8	8.8	9.7	10.6	11.5
208	3.2	4.1	5.0	6.0	6.9	7.8	8.7	9.6	10.6	11.4
209	3.1	4.1	5.0	5.9	6.8	7.8	8.7	9.6	10.5	11.4
210	3.1	4.0	4.9	5.9	6.8	7.7	8.6	9.6	10.5	11.4
211	3.1	4.0	4.9	5.8	6.7	7.7	8.6	9.5	10.4	11.3
212	3.0	3.9	4.9	5.8	6.7	7.6	8.5	9.5	10.4	11.3
213	3.0	3.9	4.8	5.7	6.7	7.6	8.5	9.4	10.3	11.2
214	2.9	3.8	4.8	5.7	6.6	7.5	8.4	9.4	10.3	11.2
215	2.9	3.8	4.7	5.6	6.5	7.5	8.4	9.3	10.2	11.1
216	2.8	3.7	4.7	5.6	6.5	7.4	8.4	9.3	10.2	11.1
217	2.8	3.7	4.6	5.5	6.5	7.4	8.3	9.2	10.2	11.0
218	2.7	3.7	4.6	5.5	6.4	7.3	8.3	9.2	10.1	11.0
219	2.7	3.6	4.5	5.5	6.4	7.3	8.2	9.1	10.1	10.9
220	2.6	3.6	4.5	5.4	6.3	7.3	8.2	9.1	10.0	10.9
221	2.6	3.5	4.4	5.4	6.3	7.2	8.1	9.0	10.0	10.9
222	2.6	3.5	4.4	5.3	6.2	7.2	8.1	9.0	9.9	10.8
223	2.5	3.4	4.4	5.3	6.2	7.1	8.0	9.0	9.9	10.8
224	2.5	3.4	4.3	5.2	6.2	7.1	8.0	8.9	9.8	10.7
225	2.4	3.3	4.3	5.2	6.1	7.0	7.9	8.9	9.8	10.7
226	2.4	3.3	4.2	5.1	6.1	7.0	7.9	8.8	9.7	10.6
227	2.3	3.3	4.2	5.1	6.0	6.9	7.9	8.8	9.7	10.6
228	2.3	3.2	4.1	5.0	6.0	6.9	7.8	8.7	9.6	10.6
229	2.2	3.2	4.1	5.0	5.9	6.8	7.8	8.7	9.6	10.5
230	2.2	3.1	4.0	5.0	5.9	6.8	7.7	8.6	9.6	10.5
231	2.2	3.1	4.0	4.9	5.8	6.8	7.7	8.6	9.5	10.4
232	2.1	3.0	3.9	4.9	5.8	6.7	7.6	8.5	9.5	10.4
233	2.1	3.0	3.9	4.8	5.7	6.7	7.6	8.5	9.4	10.3
234	2.0	2.9	3.9	4.8	5.7	6.6	7.5	8.5	9.4	10.3
235	2.0	2.9	3.8	4.7	5.7	6.6	7.5	8.4	9.3	10.2
236	1.9	2.8	3.8	4.7	5.6	6.5	7.4	8.4	9.3	10.2
237	1.9	2.8	3.7	4.6	5.6	6.5	7.4	8.3	9.2	10.2
238	1.8	2.8	3.7	4.6	5.5	6.4	7.4	8.3	9.2	10.1
239	1.8	2.7	3.6	4.5	5.5	6.4	7.3	8.2	9.1	10.1
240	1.7	2.7	3.6	4.5	5.4	6.3	7.3	8.2	9.1	10.0
241	1.7	2.6	3.5	4.5	5.4	6.3	7.2	8.1	9.1	10.0
242	1.7	2.6	3.5	4.4	5.3	6.3	7.2	8.1	9.0	9.9
243	1.6	2.5	3.4	4.4	5.3	6.2	7.1	8.0	9.0	9.9
244	1.6	2.5	3.4	4.3	5.2	6.2	7.1	8.0	8.9	9.8
245	1.5	2.4	3.4	4.3	5.2	6.1	7.0	8.0	8.9	9.8
246	1.5	2.4	3.3	4.2	5.1	6.1	7.0	7.9	8.8	9.7
247	1.4	2.3	3.3	4.2	5.1	6.0	6.9	7.9	8.8	9.7
248	1.4	2.3	3.2	4.1	5.1	6.0	6.9	7.8	8.7	9.6
249	1.3	2.3	3.2	4.1	5.0	5.9	6.8	7.8	8.7	9.6
250	1.3	2.2	3.1	4.0	5.0	5.9	6.8	7.7	8.6	9.6

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
0	23.6	21.0	25.7	26.7	27.8	28.9	30.0	31.0	32.0	33.1
1	23.5	21.0	25.6	26.7	27.7	28.8	29.8	30.9	32.0	33.0
2	23.5	24.5	25.6	26.6	27.7	28.7	29.8	30.8	31.9	33.0
3	23.4	21.4	25.5	26.5	27.6	28.7	29.7	30.8	31.8	32.9
4	23.3	21.4	25.4	26.5	27.5	28.6	29.6	30.7	31.8	32.8
5	23.3	24.3	25.4	26.4	27.5	28.5	29.6	30.6	31.7	32.8
6	23.2	24.3	25.3	26.4	27.4	28.5	29.5	30.6	31.6	32.7
7	23.2	24.2	25.2	26.3	27.3	28.4	29.4	30.5	31.6	32.6
8	23.1	21.1	25.2	26.2	27.3	28.3	29.4	30.4	31.5	32.5
9	23.0	21.1	25.1	26.2	27.2	28.3	29.3	30.4	31.4	32.5
10	23.0	21.0	25.0	26.1	27.1	28.2	29.2	30.3	31.3	32.4
11	22.9	23.9	25.0	26.0	27.1	28.1	29.2	30.2	31.3	32.3
12	22.8	23.9	24.9	26.0	27.0	28.1	29.1	30.2	31.2	32.3
13	22.8	23.8	24.9	25.9	26.9	28.0	29.0	30.1	31.1	32.2
14	22.7	23.8	24.8	25.8	26.9	27.9	29.0	30.0	31.1	32.1
15	22.7	23.7	24.7	25.8	26.8	27.9	28.9	30.0	31.0	32.1
16	22.6	23.6	24.7	25.7	26.8	27.8	28.8	29.9	30.9	32.0
17	22.5	23.6	24.6	25.6	26.7	27.7	28.8	29.8	30.9	31.9
18	22.5	23.5	24.5	25.6	26.6	27.7	28.7	29.7	30.8	31.8
19	22.4	23.5	24.5	25.5	26.6	27.6	28.6	29.7	30.7	31.8
20	22.4	23.4	24.4	25.5	26.5	27.5	28.6	29.6	30.7	31.7
21	22.3	23.3	24.4	25.4	26.4	27.5	28.5	29.5	30.6	31.6
22	22.2	23.3	24.3	25.3	26.4	27.4	28.4	29.5	30.5	31.6
23	22.2	23.2	24.2	25.3	26.3	27.3	28.4	29.4	30.5	31.5
24	22.1	23.1	24.2	25.2	26.2	27.3	28.3	29.3	30.4	31.4
25	22.1	23.1	24.1	25.1	26.2	27.2	28.2	29.3	30.3	31.4
26	22.0	23.0	24.1	25.1	26.1	27.1	28.2	29.2	30.2	31.3
27	21.9	23.0	24.0	25.0	26.0	27.1	28.1	29.1	30.2	31.2
28	21.9	22.9	23.9	25.0	26.0	27.0	28.0	29.1	30.1	31.1
29	21.8	22.8	23.9	24.9	25.9	27.0	28.0	29.0	30.0	31.1
30	21.8	22.8	23.8	24.8	25.9	26.9	27.9	28.9	30.0	31.0
31	21.7	22.7	23.7	24.8	25.8	26.8	27.9	28.9	29.9	30.9
32	21.6	22.7	23.7	24.7	25.7	26.8	27.8	28.8	29.8	30.9
33	21.6	22.6	23.6	24.6	25.7	26.7	27.7	28.7	29.8	30.8
34	21.5	22.5	23.6	24.6	25.6	26.6	27.7	28.7	29.7	30.7
35	21.5	22.5	23.5	24.5	25.5	26.6	27.6	28.6	29.6	30.7
36	21.4	22.4	23.4	24.5	25.5	26.5	27.5	28.6	29.6	30.6
37	21.3	22.4	23.4	24.4	25.4	26.4	27.5	28.5	29.5	30.5
38	21.3	22.3	23.3	24.3	25.4	26.4	27.4	28.4	29.4	30.5
39	21.2	22.2	23.3	24.3	25.3	26.3	27.3	28.4	29.4	30.4
40	21.2	22.2	23.2	24.2	25.2	26.2	27.3	28.3	29.3	30.3
41	21.1	22.1	23.1	24.2	25.2	26.2	27.2	28.2	29.2	30.3
42	21.0	22.1	23.1	24.1	25.1	26.1	27.1	28.2	29.2	30.2
43	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.1	27.1	28.1	29.1	30.1
44	20.9	21.9	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0	30.1
45	20.9	21.9	22.9	23.9	24.9	25.9	26.9	28.0	29.0	30.0
46	20.8	21.8	22.8	23.8	24.9	25.9	26.9	27.9	28.9	29.9
47	20.8	21.8	22.8	23.8	24.8	25.8	26.8	27.8	28.8	29.9
48	20.7	21.7	22.7	23.7	24.7	25.7	26.8	27.8	28.8	29.8
49	20.6	21.6	22.7	23.7	24.7	25.7	26.7	27.7	28.7	29.7
50	20.6	21.6	22.6	23.6	24.6	25.6	26.6	27.6	28.6	29.7

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
50	20.6	21.6	22.6	23.6	24.6	25.6	26.0	27.0	28.6	29.7
51	20.5	21.5	22.5	23.5	24.6	25.6	26.0	27.0	28.0	29.6
52	20.5	21.5	22.5	23.5	24.5	25.5	26.5	27.5	28.5	29.5
53	20.4	21.4	22.4	23.4	24.4	25.4	26.4	27.4	28.5	29.5
54	20.3	21.4	22.4	23.4	24.4	25.4	26.4	27.4	28.4	29.4
55	20.3	21.3	22.3	23.3	24.3	25.3	26.3	27.3	28.3	29.3
56	20.2	21.2	22.2	23.2	24.2	25.2	26.2	27.2	28.2	29.2
57	20.2	21.2	22.2	23.2	24.2	25.2	26.2	27.2	28.2	29.2
58	20.1	21.1	22.1	23.1	24.1	25.1	26.1	27.1	28.1	29.1
59	20.1	21.1	22.1	23.1	24.1	25.1	26.1	27.1	28.1	29.1
60	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0	29.0
61	20.0	21.0	21.9	22.9	23.9	24.9	25.9	26.9	27.9	28.9
62	19.9	20.9	21.9	22.9	23.9	24.9	25.9	26.9	27.9	28.9
63	19.8	20.8	21.8	22.8	23.8	24.8	25.8	26.8	27.8	28.8
64	19.8	20.8	21.8	22.8	23.8	24.8	25.8	26.7	27.7	28.7
65	19.7	20.7	21.7	22.7	23.7	24.7	25.7	26.7	27.7	28.7
66	19.7	20.7	21.6	22.6	23.6	24.6	25.6	26.6	27.6	28.6
67	19.6	20.6	21.6	22.6	23.6	24.6	25.6	26.6	27.6	28.5
68	19.5	20.5	21.5	22.5	23.5	24.5	25.5	26.5	27.5	28.5
69	19.5	20.5	21.5	22.5	23.5	24.4	25.4	26.4	27.4	28.4
70	19.4	20.4	21.4	22.4	23.4	24.4	25.4	26.4	27.4	28.3
71	19.4	20.4	21.4	22.3	23.3	24.3	25.3	26.3	27.3	28.3
72	19.3	20.3	21.3	22.3	23.3	24.3	25.3	26.2	27.2	28.2
73	19.3	20.2	21.2	22.2	23.2	24.2	25.2	26.2	27.2	28.2
74	19.2	20.2	21.2	22.2	23.2	24.1	25.1	26.1	27.1	28.1
75	19.1	20.1	21.1	22.1	23.1	24.1	25.1	26.1	27.0	28.0
76	19.1	20.1	21.1	22.0	23.0	24.0	25.0	26.0	27.0	28.0
77	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	24.9	25.9	26.9	27.9
78	19.0	20.0	20.9	21.9	22.9	23.9	24.9	25.9	26.9	27.8
79	18.9	19.9	20.9	21.9	22.9	23.8	24.8	25.8	26.8	27.8
80	18.9	19.8	20.8	21.8	22.8	23.8	24.8	25.7	26.7	27.7
81	18.8	19.8	20.8	21.8	22.7	23.7	24.7	25.7	26.7	27.6
82	18.8	19.7	20.7	21.7	22.7	23.7	24.6	25.6	26.6	27.6
83	18.7	19.7	20.7	21.6	22.6	23.6	24.6	25.6	26.5	27.5
84	18.6	19.6	20.6	21.6	22.6	23.5	24.5	25.5	26.5	27.5
85	18.6	19.6	20.5	21.5	22.5	23.5	24.5	25.4	26.4	27.4
86	18.5	19.5	20.5	21.5	22.4	23.4	24.4	25.4	26.4	27.3
87	18.5	19.5	20.4	21.4	22.4	23.4	24.3	25.3	26.3	27.3
88	18.4	19.4	20.4	21.3	22.3	23.3	24.3	25.3	26.2	27.2
89	18.4	19.3	20.3	21.3	22.3	23.2	24.2	25.2	26.2	27.1
90	18.3	19.3	20.3	21.2	22.2	23.2	24.2	25.1	26.1	27.1
91	18.3	19.2	20.2	21.2	22.2	23.1	24.1	25.1	26.0	27.0
92	18.2	19.2	20.1	21.1	22.1	23.1	24.0	25.0	26.0	27.0
93	18.1	19.1	20.1	21.1	22.0	23.0	24.0	25.0	25.9	26.9
94	18.1	19.1	20.0	21.0	22.0	22.9	23.9	24.9	25.9	26.8
95	18.0	19.0	20.0	20.9	21.9	22.9	23.9	24.8	25.8	26.8
96	18.0	18.9	19.9	20.9	21.9	22.8	23.8	24.8	25.7	26.7
97	17.9	18.9	19.9	20.8	21.8	22.8	23.7	24.7	25.7	26.6
98	17.9	18.8	19.8	20.8	21.7	22.7	23.7	24.7	25.6	26.6
99	17.8	18.8	19.7	20.7	21.7	22.7	23.6	24.6	25.6	26.5
100	17.8	18.7	19.7	20.7	21.6	22.6	23.6	24.5	25.5	26.5

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
100	17.8	18.7	19.7	20.7	21.6	22.0	23.6	24.5	25.5	26.5
101	17.7	18.7	19.6	20.0	21.6	22.5	23.5	24.5	25.4	26.4
102	17.0	18.6	19.6	20.5	21.5	22.5	23.4	24.4	25.4	26.3
103	17.6	18.0	19.5	20.5	21.5	22.4	23.4	24.3	25.3	26.3
104	17.5	18.6	19.5	20.4	21.4	22.4	23.3	24.3	25.3	26.2
105	17.5	18.4	19.4	20.4	21.3	22.3	23.3	24.2	25.2	26.1
106	17.4	18.4	19.4	20.3	21.3	22.2	23.2	24.2	25.1	26.1
107	17.4	18.3	19.3	20.3	21.2	22.2	23.1	24.1	25.1	26.0
108	17.3	18.3	19.2	20.2	21.2	22.1	23.1	24.0	25.0	26.0
109	17.3	18.2	19.2	20.2	21.1	22.1	23.0	24.0	24.9	25.9
110	17.2	18.2	19.1	20.1	21.1	22.0	23.0	23.9	24.9	25.8
111	17.2	18.1	19.1	20.0	21.0	22.0	22.9	23.9	24.8	25.8
112	17.1	18.1	19.0	20.0	20.9	21.9	22.9	23.8	24.8	25.7
113	17.1	18.0	19.0	19.9	20.9	21.8	22.8	23.8	24.7	25.7
114	17.0	18.0	18.9	19.9	20.8	21.8	22.7	23.7	24.6	25.6
115	16.9	17.9	18.9	19.8	20.8	21.7	22.7	23.6	24.6	25.5
116	16.9	17.8	18.8	19.8	20.7	21.7	22.6	23.0	24.5	25.5
117	16.8	17.8	18.8	19.7	20.7	21.6	22.6	23.5	24.5	25.4
118	16.8	17.7	18.7	19.6	20.6	21.6	22.5	23.5	24.4	25.4
119	16.7	17.7	18.6	19.6	20.5	21.5	22.4	23.4	24.3	25.3
120	16.7	17.6	18.6	19.5	20.5	21.4	22.4	23.3	24.3	25.2
121	16.6	17.6	18.5	19.5	20.4	21.4	22.3	23.3	24.2	25.2
122	16.6	17.5	18.5	19.4	20.4	21.3	22.3	23.2	24.2	25.1
123	16.5	17.5	18.4	19.4	20.3	21.3	22.2	23.2	24.1	25.1
124	16.5	17.4	18.4	19.3	20.3	21.2	22.2	23.1	24.1	25.0
125	16.4	17.4	18.3	19.3	20.2	21.2	22.1	23.0	24.0	24.9
126	16.4	17.3	18.3	19.2	20.2	21.1	22.0	23.0	23.9	24.9
127	16.3	17.3	18.2	19.2	20.1	21.0	22.0	22.9	23.9	24.8
128	16.3	17.2	18.2	19.1	20.0	21.0	21.9	22.9	23.8	24.8
129	16.2	17.2	18.1	19.0	20.0	20.9	21.9	22.8	23.8	24.7
130	16.2	17.1	18.0	19.0	19.9	20.9	21.8	22.8	23.7	24.0
131	16.1	17.0	18.0	18.9	19.9	20.8	21.8	22.7	23.6	24.0
132	16.1	17.0	17.9	18.9	19.8	20.8	21.7	22.6	23.6	24.5
133	16.0	16.9	17.9	18.8	19.8	20.7	21.6	22.6	23.5	24.5
134	15.9	16.9	17.8	18.8	19.7	20.6	21.6	22.5	23.5	24.4
135	15.9	16.8	17.8	18.7	19.7	20.6	21.5	22.5	23.4	24.3
136	15.8	16.8	17.7	18.7	19.6	20.5	21.5	22.4	23.3	24.3
137	15.8	16.7	17.7	18.6	19.5	20.5	21.4	22.4	23.3	24.2
138	15.7	16.7	17.6	18.6	19.5	20.4	21.4	22.3	23.2	24.2
139	15.7	16.6	17.6	18.5	19.4	20.4	21.3	22.2	23.2	24.1
140	15.6	16.6	17.5	18.4	19.4	20.3	21.2	22.2	23.1	24.0
141	15.6	16.5	17.5	18.4	19.3	20.3	21.2	22.1	23.1	24.0
142	15.5	16.5	17.4	18.3	19.3	20.2	21.1	22.1	23.0	23.9
143	15.5	16.4	17.4	18.3	19.2	20.1	21.1	22.0	22.9	23.9
144	15.4	16.4	17.3	18.2	19.2	20.1	21.0	22.0	22.9	23.8
145	15.4	16.3	17.3	18.2	19.1	20.0	21.0	21.9	22.8	23.8
146	15.3	16.3	17.2	18.1	19.1	20.0	20.9	21.8	22.8	23.7
147	15.3	16.2	17.1	18.1	19.0	19.9	20.9	21.8	22.7	23.6
148	15.2	16.2	17.1	18.0	18.9	19.9	20.8	21.7	22.7	23.6
149	15.2	16.1	17.0	18.0	18.9	19.8	20.7	21.7	22.6	23.5
150	15.1	16.1	17.0	17.9	18.8	19.8	20.7	21.6	22.5	23.5

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
150	15.1	16.1	17.0	17.9	18.8	19.8	20.7	21.6	22.5	23.5
151	15.1	16.0	16.9	17.9	18.8	19.7	20.6	21.6	22.5	23.4
152	15.0	16.0	16.9	17.8	18.7	19.7	20.6	21.5	22.4	23.3
153	15.0	15.9	16.8	17.8	18.7	19.6	20.5	21.4	22.4	23.3
154	14.9	15.9	16.8	17.7	18.6	19.5	20.5	21.4	22.3	23.2
155	14.9	15.8	16.7	17.6	18.6	19.5	20.4	21.3	22.3	23.2
156	14.8	15.7	16.7	17.6	18.6	19.4	20.4	21.3	22.2	23.1
157	14.8	15.7	16.6	17.5	18.5	19.4	20.3	21.2	22.1	23.1
158	14.7	15.7	16.6	17.5	18.4	19.3	20.2	21.2	22.1	23.0
159	14.7	15.6	16.5	17.4	18.4	19.3	20.2	21.1	22.0	22.9
160	14.6	15.5	16.5	17.4	18.3	19.2	20.1	21.1	22.0	22.9
161	14.6	15.5	16.4	17.3	18.3	19.2	20.1	21.0	21.9	22.8
162	14.6	15.4	16.4	17.3	18.2	19.1	20.0	20.9	21.8	22.7
163	14.5	15.4	16.3	17.2	18.1	19.1	20.0	20.9	21.8	22.7
164	14.4	15.3	16.3	17.2	18.1	19.0	19.9	20.8	21.7	22.7
165	14.4	15.3	16.2	17.1	18.0	19.0	19.9	20.8	21.7	22.6
166	14.3	15.2	16.2	17.1	18.0	18.9	19.8	20.7	21.6	22.5
167	14.3	15.2	16.1	17.0	17.9	18.8	19.8	20.7	21.6	22.5
168	14.2	15.1	16.1	17.0	17.9	18.8	19.7	20.6	21.5	22.4
169	14.2	15.1	16.0	16.9	17.8	18.7	19.7	20.6	21.5	22.4
170	14.1	15.0	16.0	16.9	17.8	18.7	19.6	20.5	21.4	22.3
171	14.1	15.0	15.9	16.8	17.7	18.6	19.5	20.5	21.4	22.3
172	14.0	14.9	15.9	16.8	17.7	18.6	19.5	20.4	21.3	22.2
173	14.0	14.9	15.8	16.7	17.6	18.5	19.4	20.3	21.3	22.2
174	13.9	14.8	15.8	16.7	17.6	18.5	19.4	20.3	21.2	22.1
175	13.9	14.8	15.7	16.6	17.5	18.4	19.3	20.2	21.1	22.0
176	13.8	14.8	15.7	16.6	17.5	18.4	19.3	20.2	21.1	22.0
177	13.8	14.7	15.6	16.5	17.4	18.3	19.2	20.1	21.0	21.9
178	13.7	14.6	15.6	16.5	17.4	18.3	19.2	20.1	21.0	21.9
179	13.7	14.6	15.5	16.4	17.3	18.2	19.1	20.0	20.9	21.8
180	13.6	14.5	15.5	16.4	17.3	18.2	19.1	20.0	20.9	21.8
181	13.6	14.5	15.5	16.3	17.2	18.1	19.0	19.9	20.8	21.7
182	13.5	14.5	15.4	16.3	17.2	18.1	19.0	19.9	20.8	21.7
183	13.5	14.4	15.3	16.2	17.1	18.0	18.9	19.8	20.7	21.6
184	13.5	14.4	15.3	16.2	17.1	18.0	18.9	19.8	20.6	21.5
185	13.4	14.3	15.2	16.1	17.0	17.9	18.8	19.7	20.6	21.5
186	13.4	14.3	15.2	16.1	17.0	17.9	18.7	19.6	20.5	21.4
187	13.3	14.2	15.1	16.0	16.9	17.8	18.7	19.6	20.5	21.4
188	13.3	14.2	15.1	16.0	16.9	17.7	18.6	19.5	20.4	21.3
189	13.2	14.1	15.0	15.9	16.8	17.7	18.6	19.5	20.4	21.3
190	13.2	14.1	15.0	15.9	16.8	17.6	18.5	19.4	20.3	21.2
191	13.1	14.0	14.9	15.8	16.7	17.6	18.5	19.4	20.3	21.2
192	13.1	14.0	14.9	15.8	16.7	17.5	18.4	19.3	20.2	21.1
193	13.0	13.9	14.8	15.7	16.6	17.5	18.4	19.3	20.2	21.1
194	13.0	13.9	14.8	15.7	16.5	17.4	18.3	19.2	20.1	21.0
195	12.9	13.8	14.7	15.6	16.5	17.4	18.3	19.2	20.1	20.9
196	12.9	13.8	14.7	15.6	16.4	17.3	18.2	19.1	20.0	20.9
197	12.8	13.7	14.6	15.5	16.4	17.3	18.2	19.1	20.0	20.8
198	12.8	13.7	14.6	15.5	16.3	17.2	18.1	19.0	19.9	20.8
199	12.7	13.6	14.5	15.4	16.3	17.2	18.1	19.0	19.8	20.7
200	12.7	13.6	14.5	15.4	16.3	17.1	18.0	18.9	19.8	20.7

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
200	12.7	13.0	14.5	15.4	16.3	17.1	18.0	18.9	19.8	20.7
201	12.7	13.6	14.4	15.3	16.2	17.1	18.0	18.9	19.7	20.6
202	12.6	13.5	14.4	15.3	16.2	17.0	17.9	18.8	19.7	20.6
203	12.6	13.4	14.3	15.2	16.1	17.0	17.9	18.8	19.6	20.5
204	12.5	13.4	14.3	15.2	16.1	16.9	17.8	18.7	19.6	20.5
205	12.5	13.4	14.2	15.1	16.0	16.9	17.8	18.6	19.5	20.4
206	12.4	13.3	14.2	15.1	16.0	16.9	17.7	18.6	19.5	20.4
207	12.4	13.3	14.1	15.0	15.9	16.8	17.7	18.5	19.4	20.3
208	12.3	13.2	14.1	15.0	15.9	16.7	17.6	18.5	19.4	20.2
209	12.3	13.2	14.0	14.9	15.8	16.7	17.6	18.4	19.3	20.2
210	12.2	13.1	14.0	14.9	15.8	16.6	17.5	18.4	19.3	20.1
211	12.2	13.1	14.0	14.8	15.7	16.6	17.5	18.3	19.2	20.1
212	12.1	13.0	13.9	14.8	15.7	16.5	17.4	18.3	19.2	20.0
213	12.1	13.0	13.9	14.7	15.6	16.5	17.4	18.2	19.1	20.0
214	12.1	12.9	13.8	14.7	15.6	16.4	17.3	18.2	19.1	19.9
215	12.0	12.9	13.8	14.6	15.5	16.4	17.3	18.1	19.0	19.9
216	12.0	12.8	13.7	14.6	15.5	16.3	17.2	18.1	19.0	19.8
217	11.9	12.8	13.7	14.5	15.4	16.3	17.2	18.0	18.9	19.8
218	11.9	12.7	13.6	14.5	15.4	16.2	17.1	18.0	18.9	19.7
219	11.8	12.7	13.6	14.4	15.3	16.2	17.1	17.9	18.8	19.7
220	11.8	12.7	13.5	14.4	15.3	16.1	17.0	17.9	18.8	19.6
221	11.7	12.6	13.5	14.4	15.2	16.1	17.0	17.8	18.7	19.6
222	11.7	12.6	13.4	14.3	15.2	16.0	16.9	17.8	18.6	19.5
223	11.6	12.5	13.4	14.3	15.1	16.0	16.9	17.7	18.6	19.5
224	11.6	12.5	13.3	14.2	15.1	15.9	16.8	17.7	18.5	19.4
225	11.6	12.4	13.3	14.2	15.0	15.9	16.8	17.6	18.5	19.4
226	11.5	12.4	13.3	14.1	15.0	15.9	16.7	17.6	18.4	19.3
227	11.5	12.3	13.2	14.1	14.9	15.8	16.7	17.5	18.4	19.3
228	11.4	12.3	13.2	14.0	14.9	15.8	16.6	17.5	18.3	19.2
229	11.4	12.2	13.1	14.0	14.8	15.7	16.6	17.4	18.3	19.2
230	11.3	12.2	13.1	13.9	14.8	15.7	16.5	17.4	18.2	19.1
231	11.3	12.2	13.0	13.9	14.8	15.6	16.5	17.3	18.2	19.1
232	11.2	12.1	13.0	13.8	14.7	15.6	16.4	17.3	18.1	19.0
233	11.2	12.1	12.9	13.8	14.7	15.5	16.4	17.2	18.1	19.0
234	11.2	12.0	12.9	13.7	14.6	15.5	16.3	17.2	18.0	18.9
235	11.1	12.0	12.8	13.7	14.6	15.4	16.3	17.1	18.0	18.8
236	11.1	11.9	12.8	13.7	14.5	15.4	16.2	17.1	17.9	18.8
237	11.0	11.9	12.8	13.6	14.5	15.3	16.2	17.0	17.9	18.7
238	11.0	11.9	12.7	13.6	14.4	15.3	16.1	17.0	17.8	18.7
239	10.9	11.8	12.7	13.5	14.4	15.2	16.1	16.9	17.8	18.6
240	10.9	11.8	12.6	13.5	14.3	15.2	16.0	16.9	17.7	18.6
241	10.9	11.7	12.6	13.4	14.3	15.1	16.0	16.8	17.7	18.5
242	10.8	11.7	12.5	13.4	14.2	15.1	15.9	16.8	17.6	18.5
243	10.8	11.6	12.5	13.3	14.2	15.0	15.9	16.7	17.6	18.4
244	10.7	11.6	12.4	13.3	14.1	15.0	15.8	16.7	17.5	18.4
245	10.7	11.5	12.4	13.2	14.1	15.0	15.8	16.7	17.5	18.3
246	10.6	11.5	12.3	13.2	14.1	14.9	15.8	16.6	17.5	18.3
247	10.6	11.5	12.3	13.2	14.0	14.9	15.7	16.6	17.4	18.2
248	10.6	11.4	12.3	13.1	14.0	14.8	15.7	16.5	17.4	18.2
249	10.5	11.4	12.2	13.1	13.9	14.8	15.6	16.5	17.3	18.1
250	10.5	11.3	12.2	13.0	13.9	14.7	15.6	16.4	17.3	18.1

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
0	34.2	35.3	36.3	37.4	38.5	39.6	40.7	41.8	42.9	44.0
1	34.1	35.2	36.3	37.3	38.4	39.5	40.6	41.7	42.8	43.9
2	34.0	35.1	36.2	37.3	38.3	39.4	40.5	41.5	42.7	43.8
3	34.0	35.0	36.1	37.2	38.3	39.3	40.4	41.5	42.6	43.7
4	33.9	35.0	36.0	37.1	38.2	39.3	40.3	41.4	42.5	43.6
5	33.8	34.9	36.0	37.0	38.1	39.2	40.3	41.3	42.4	43.5
6	33.7	34.8	35.9	36.9	38.0	39.1	40.2	41.3	42.3	43.4
7	33.7	34.7	35.8	36.9	37.9	39.0	40.1	41.2	42.3	43.3
8	33.6	34.7	35.7	36.8	37.9	38.9	40.0	41.1	42.2	43.3
9	33.5	34.6	35.7	36.7	37.8	38.9	39.9	41.0	42.1	43.2
10	33.5	34.5	35.6	36.6	37.7	38.8	39.8	40.9	42.0	43.1
11	33.4	34.4	35.5	36.6	37.6	38.7	39.8	40.8	41.9	43.0
12	33.3	34.4	35.4	36.5	37.6	38.6	39.7	40.8	41.8	42.9
13	33.2	34.3	35.4	36.4	37.5	38.5	39.6	40.7	41.7	42.8
14	33.2	34.2	35.3	36.3	37.4	38.5	39.5	40.6	41.7	42.7
15	33.1	34.2	35.2	36.3	37.3	38.4	39.4	40.5	41.6	42.7
16	33.0	34.1	35.1	36.2	37.2	38.3	39.4	40.4	41.5	42.6
17	33.0	34.0	35.1	36.1	37.2	38.2	39.3	40.4	41.4	42.5
18	32.9	33.9	35.0	36.0	37.1	38.1	39.2	40.3	41.3	42.4
19	32.8	33.9	34.9	36.0	37.0	38.1	39.1	40.2	41.2	42.3
20	32.7	33.8	34.8	35.9	36.9	38.0	39.0	40.1	41.2	42.2
21	32.7	33.7	34.8	35.8	36.9	37.9	39.0	40.0	41.1	42.1
22	32.6	33.6	34.7	35.7	36.8	37.8	38.9	39.9	41.0	42.1
23	32.5	33.6	34.6	35.7	36.7	37.8	38.8	39.9	40.9	42.0
24	32.5	33.5	34.5	35.6	36.6	37.7	38.7	39.8	40.8	41.9
25	32.4	33.4	34.5	35.5	36.6	37.6	38.7	39.7	40.8	41.8
26	32.3	33.4	34.4	35.4	36.5	37.5	38.6	39.6	40.7	41.7
27	32.3	33.3	34.3	35.4	36.4	37.5	38.5	39.5	40.6	41.6
28	32.2	33.2	34.3	35.3	36.3	37.4	38.4	39.5	40.5	41.6
29	32.1	33.1	34.2	35.2	36.3	37.3	38.3	39.4	40.4	41.5
30	32.0	33.1	34.1	35.1	36.2	37.2	38.3	39.3	40.4	41.4
31	32.0	33.0	34.0	35.1	36.1	37.1	38.2	39.2	40.3	41.3
32	31.9	32.9	34.0	35.0	36.0	37.1	38.1	39.1	40.2	41.2
33	31.8	32.9	33.9	34.9	36.0	37.0	38.0	39.1	40.1	41.1
34	31.8	32.8	33.8	34.9	35.9	36.9	38.0	39.0	40.0	41.1
35	31.7	32.7	33.8	34.8	35.8	36.8	37.9	38.9	39.9	41.0
36	31.6	32.7	33.7	34.7	35.7	36.8	37.8	38.8	39.9	40.9
37	31.6	32.6	33.6	34.6	35.7	36.7	37.7	38.8	39.8	40.8
38	31.5	32.5	33.5	34.6	35.6	36.6	37.6	38.7	39.7	40.7
39	31.4	32.4	33.5	34.5	35.5	36.5	37.6	38.6	39.6	40.7
40	31.4	32.4	33.4	34.4	35.4	36.5	37.5	38.5	39.6	40.6
41	31.3	32.3	33.3	34.3	35.4	36.4	37.4	38.4	39.5	40.5
42	31.2	32.2	33.3	34.3	35.3	36.3	37.3	38.4	39.4	40.4
43	31.1	32.2	33.2	34.2	35.2	36.2	37.3	38.3	39.3	40.3
44	31.1	32.1	33.1	34.1	35.2	36.2	37.2	38.2	39.2	40.3
45	31.0	32.0	33.0	34.1	35.1	36.1	37.1	38.1	39.2	40.2
46	30.9	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.1	39.1	40.1
47	30.9	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9	37.0	38.0	39.0	40.0
48	30.8	31.8	32.8	33.8	34.9	35.9	36.9	37.9	38.9	39.9
49	30.7	31.7	32.8	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8	39.9
50	30.7	31.7	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.8	38.8	39.8

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
50	30.7	31.7	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.8	38.8	39.8
51	30.6	31.6	32.6	33.6	34.6	35.7	36.7	37.7	38.7	39.7
52	30.5	31.5	32.6	33.6	34.6	35.6	36.6	37.6	38.6	39.6
53	30.5	31.5	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5	38.5	39.5
54	30.4	31.4	32.4	33.4	34.4	35.4	36.4	37.5	38.5	39.5
55	30.3	31.3	32.3	33.4	34.4	35.4	36.4	37.4	38.4	39.4
56	30.3	31.3	32.3	33.3	34.3	35.3	36.3	37.3	38.3	39.3
57	30.2	31.2	32.2	33.2	34.2	35.2	36.2	37.2	38.2	39.2
58	30.1	31.1	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1	38.2	39.2
59	30.1	31.1	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1	38.1	39.1
60	30.0	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	37.0	38.0	39.0
61	29.9	30.9	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9	36.9	37.9	38.9
62	29.9	30.9	31.9	32.9	33.9	34.9	35.9	36.9	37.8	38.8
63	29.8	30.8	31.8	32.8	33.8	34.8	35.8	36.8	37.8	38.8
64	29.7	30.7	31.7	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.7	38.7
65	29.7	30.7	31.7	32.7	33.6	34.6	35.6	36.6	37.6	38.6
66	29.6	30.6	31.6	32.6	33.6	34.6	35.6	36.6	37.5	38.5
67	29.5	30.5	31.5	32.5	33.5	34.5	35.5	36.5	37.5	38.5
68	29.5	30.5	31.5	32.1	33.1	34.1	35.1	36.1	37.1	38.1
69	29.4	30.4	31.4	32.4	33.4	34.1	35.3	36.3	37.3	38.3
70	29.3	30.3	31.3	32.3	33.3	34.3	35.3	36.3	37.2	38.2
71	29.3	30.3	31.3	32.2	33.2	34.2	35.2	36.2	37.2	38.2
72	29.2	30.2	31.2	32.2	33.2	34.1	35.1	36.1	37.1	38.1
73	29.1	30.1	31.1	32.1	33.1	34.1	35.1	36.0	37.0	38.0
74	29.1	30.1	31.0	32.0	33.0	34.0	35.0	36.0	36.9	37.9
75	29.0	30.0	31.0	32.0	32.9	33.9	34.9	35.9	36.9	37.9
76	28.9	29.9	30.9	31.9	32.9	33.9	34.8	35.8	36.8	37.8
77	28.9	29.9	30.8	31.8	32.8	33.8	34.8	35.7	36.7	37.7
78	28.8	29.8	30.8	31.8	32.7	33.7	34.7	35.7	36.7	37.6
79	28.8	29.7	30.7	31.7	32.7	33.7	34.6	35.6	36.6	37.6
80	28.7	29.7	30.6	31.6	32.6	33.6	34.6	35.5	36.5	37.5
81	28.6	29.6	30.6	31.6	32.5	33.5	34.5	35.5	36.4	37.4
82	28.6	29.5	30.5	31.5	32.5	33.4	34.4	35.4	36.4	37.3
83	28.5	29.5	30.4	31.4	32.4	33.4	34.3	35.3	36.3	37.3
84	28.4	29.4	30.4	31.1	32.3	33.3	34.3	35.2	36.2	37.2
85	28.4	29.3	30.3	31.3	32.3	33.2	34.2	35.2	36.1	37.1
86	28.3	29.3	30.3	31.2	32.2	33.2	34.1	35.1	36.1	37.0
87	28.2	29.2	30.2	31.2	32.1	33.1	34.1	35.0	36.0	37.0
88	28.2	29.1	30.1	31.1	32.1	33.0	34.0	35.0	35.9	36.9
89	28.1	29.1	30.1	31.0	32.0	33.0	33.9	34.9	35.9	36.8
90	28.0	29.0	30.0	31.0	31.9	32.9	33.9	34.8	35.8	36.7
91	28.0	29.0	29.9	30.9	31.0	32.8	33.8	34.7	35.7	36.7
92	27.9	28.9	29.9	30.8	31.8	32.8	33.7	34.7	35.6	36.6
93	27.9	28.8	29.8	30.8	31.7	32.7	33.7	34.6	35.6	36.5
94	27.8	28.8	29.7	30.7	31.7	32.6	33.6	34.5	35.5	36.5
95	27.7	28.7	29.7	30.6	31.6	32.5	33.5	34.5	35.4	36.4
96	27.7	28.6	29.6	30.6	31.5	32.5	33.4	34.4	35.4	36.3
97	27.6	28.6	29.5	30.5	31.5	32.4	33.4	34.3	35.3	36.2
98	27.5	28.5	29.5	30.1	31.1	32.3	33.3	34.3	35.2	36.2
99	27.5	28.4	29.4	30.4	31.3	32.3	33.2	34.2	35.1	36.1
100	27.4	28.4	29.3	30.3	31.3	32.2	33.2	34.1	35.1	36.0

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
100	27.4	28.4	29.3	30.3	31.3	32.2	33.2	34.1	35.1	36.0
101	27.4	28.3	29.3	30.2	31.2	32.1	33.1	34.0	35.0	35.9
102	27.3	28.3	29.2	30.2	31.1	32.1	33.0	34.0	34.9	35.9
103	27.2	28.2	29.1	30.1	31.1	32.0	33.0	33.9	34.9	35.8
104	27.2	28.1	29.1	30.0	31.0	31.9	32.9	33.8	34.8	35.7
105	27.1	28.1	29.0	30.0	30.9	31.9	32.8	33.8	34.7	35.7
106	27.0	28.0	29.0	29.9	30.9	31.8	32.8	33.7	34.6	35.6
107	27.0	27.9	28.9	29.8	30.8	31.7	32.7	33.6	34.6	35.5
108	26.9	27.9	28.8	29.8	30.7	31.7	32.6	33.6	34.5	35.4
109	26.9	27.8	28.8	29.7	30.7	31.6	32.5	33.5	34.4	35.4
110	26.8	27.7	28.7	29.6	30.6	31.5	32.5	33.4	34.4	35.3
111	26.7	27.7	28.6	29.6	30.5	31.5	32.4	33.4	34.3	35.2
112	26.7	27.6	28.6	29.5	30.5	31.4	32.3	33.3	34.2	35.2
113	26.6	27.6	28.5	29.5	30.4	31.3	32.3	33.2	34.2	35.1
114	26.5	27.5	28.4	29.4	30.3	31.3	32.2	33.2	34.1	35.0
115	26.5	27.4	28.4	29.3	30.3	31.2	32.1	33.1	34.0	35.0
116	26.4	27.4	28.3	29.3	30.2	31.1	32.1	33.0	34.0	34.9
117	26.4	27.3	28.3	29.2	30.1	31.1	32.0	32.9	33.9	34.8
118	26.3	27.2	28.2	29.1	30.1	31.0	31.9	32.9	33.8	34.7
119	26.2	27.2	28.1	29.1	30.0	30.9	31.9	32.8	33.7	34.7
120	26.2	27.1	28.1	29.0	29.9	30.9	31.8	32.7	33.7	34.6
121	26.1	27.1	28.0	28.9	29.9	30.8	31.7	32.7	33.6	34.5
122	26.1	27.0	27.9	28.9	29.8	30.8	31.7	32.6	33.5	34.5
123	26.0	26.9	27.9	28.8	29.8	30.7	31.6	32.5	33.5	34.4
124	25.9	26.9	27.8	28.8	29.7	30.6	31.5	32.5	33.4	34.3
125	25.9	26.8	27.8	28.7	29.6	30.6	31.5	32.4	33.3	34.3
126	25.8	26.8	27.7	28.6	29.6	30.5	31.4	32.3	33.3	34.2
127	25.8	26.7	27.6	28.6	29.5	30.4	31.4	32.3	33.2	34.1
128	25.7	26.6	27.6	28.5	29.4	30.4	31.3	32.2	33.1	34.1
129	25.6	26.6	27.5	28.4	29.4	30.3	31.2	32.1	33.1	34.0
130	25.6	26.5	27.4	28.4	29.3	30.2	31.2	32.1	33.0	33.9
131	25.5	26.6	27.4	28.3	29.2	30.2	31.1	32.0	32.9	33.8
132	25.5	26.4	27.3	28.2	29.2	30.1	31.0	31.9	32.8	33.7
133	25.4	26.3	27.3	28.2	29.1	30.0	31.0	31.9	32.8	33.7
134	25.3	26.3	27.2	28.1	29.0	30.0	30.9	31.8	32.7	33.6
135	25.3	26.2	27.1	28.1	29.0	29.9	30.8	31.7	32.7	33.6
136	25.2	26.1	27.1	28.0	28.9	29.8	30.8	31.7	32.6	33.5
137	25.2	26.1	27.0	27.9	28.9	29.8	30.7	31.6	32.5	33.4
138	25.1	26.0	27.0	27.9	28.8	29.7	30.6	31.6	32.5	33.4
139	25.0	26.0	26.9	27.8	28.7	29.7	30.6	31.5	32.4	33.3
140	25.0	25.9	26.8	27.8	28.7	29.6	30.5	31.4	32.3	33.2
141	24.9	25.9	26.8	27.7	28.6	29.5	30.4	31.4	32.3	33.2
142	24.9	25.8	26.7	27.6	28.5	29.5	30.4	31.3	32.2	33.1
143	24.8	25.7	26.6	27.6	28.5	29.4	30.3	31.2	32.1	33.0
144	24.7	25.7	26.6	27.5	28.4	29.3	30.3	31.2	32.1	33.0
145	24.7	25.6	26.5	27.4	28.4	29.3	30.2	31.1	32.0	32.9
146	24.6	25.6	26.5	27.4	28.3	29.2	30.1	31.0	31.9	32.8
147	24.6	25.5	26.4	27.3	28.2	29.1	30.1	31.0	31.9	32.8
148	24.5	25.4	26.3	27.3	28.2	29.1	30.0	30.9	31.8	32.7
149	24.4	25.4	26.3	27.2	28.1	29.0	29.9	30.8	31.7	32.6
150	24.4	25.3	25.2	27.1	28.1	29.0	29.9	30.8	31.7	32.6

Observed Temperature, °F.	API Gravity at Observed Temperature									
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	Corresponding API Gravity at 60° F.									
150	24.4	25.3	26.2	27.1	28.1	29.0	29.9	30.8	31.7	32.6
151	24.3	25.3	26.2	27.1	28.0	28.9	29.8	30.7	31.6	32.5
152	24.3	25.2	26.1	27.0	27.9	28.8	29.7	30.6	31.5	32.4
153	24.2	25.1	26.0	27.0	27.9	28.8	29.7	30.6	31.5	32.4
154	24.2	25.1	26.0	26.9	27.8	28.7	29.6	30.5	31.4	32.3
155	24.1	25.0	25.9	26.8	27.7	28.6	29.5	30.5	31.4	32.2
156	24.0	25.0	25.9	26.8	27.7	28.6	29.5	30.4	31.3	32.2
157	24.0	24.9	25.8	26.7	27.6	28.5	29.4	30.3	31.2	32.1
158	23.9	24.8	25.7	26.6	27.5	28.4	29.3	30.2	31.1	32.0
159	23.9	24.8	25.7	26.6	27.5	28.4	29.3	30.2	31.1	32.0
160	23.8	24.7	25.6	26.5	27.4	28.3	29.2	30.1	31.0	31.9
161	23.7	24.6	25.5	26.4	27.3	28.2	29.1	30.0	30.9	31.8
162	23.7	24.6	25.5	26.4	27.3	28.2	29.1	30.0	30.9	31.8
163	23.6	24.5	25.4	26.3	27.2	28.1	29.0	29.9	30.8	31.7
164	23.6	24.5	25.4	26.3	27.2	28.1	29.0	29.9	30.8	31.7
165	23.5	24.4	25.3	26.2	27.1	28.0	28.9	29.8	30.7	31.6
166	23.5	24.4	25.3	26.2	27.1	28.0	28.9	29.8	30.7	31.6
167	23.4	24.3	25.2	26.1	27.0	27.9	28.8	29.7	30.6	31.5
168	23.3	24.2	25.1	26.0	26.9	27.8	28.7	29.6	30.5	31.4
169	23.3	24.2	25.1	26.0	26.9	27.8	28.7	29.6	30.5	31.3
170	23.2	24.1	25.0	25.9	26.8	27.7	28.6	29.5	30.4	31.3
171	23.2	24.1	25.0	25.9	26.8	27.7	28.6	29.4	30.3	31.2
172	23.1	24.0	24.9	25.8	26.7	27.6	28.5	29.4	30.3	31.1
173	23.1	24.0	24.9	25.8	26.7	27.5	28.4	29.3	30.2	31.1
174	23.0	23.9	24.8	25.7	26.6	27.5	28.4	29.3	30.1	31.0
175	22.9	23.8	24.7	25.6	26.5	27.4	28.3	29.2	30.1	31.0
176	22.9	23.8	24.7	25.6	26.5	27.4	28.3	29.1	30.0	30.9
177	22.8	23.7	24.6	25.5	26.4	27.3	28.2	29.1	30.0	30.8
178	22.8	23.7	24.6	25.5	26.4	27.2	28.1	29.0	29.9	30.8
179	22.7	23.6	24.5	25.4	26.3	27.2	28.1	29.0	29.8	30.7
180	22.7	23.6	24.5	25.4	26.2	27.1	28.0	28.9	29.8	30.6
181	22.6	23.5	24.4	25.3	26.2	27.1	27.9	28.8	29.7	30.6
182	22.6	23.4	24.3	25.2	26.1	27.0	27.9	28.8	29.6	30.5
183	22.5	23.4	24.3	25.2	26.1	27.0	27.8	28.7	29.6	30.5
184	22.4	23.3	24.2	25.1	26.0	26.9	27.8	28.6	29.5	30.4
185	22.4	23.3	24.2	25.1	26.0	26.8	27.7	28.6	29.5	30.3
186	22.3	23.2	24.1	25.0	25.9	26.8	27.6	28.5	29.4	30.3
187	22.3	23.2	24.1	24.9	25.8	26.7	27.6	28.5	29.3	30.2
188	22.2	23.1	24.0	24.9	25.8	26.7	27.5	28.4	29.3	30.1
189	22.2	23.1	23.9	24.8	25.7	26.6	27.5	28.3	29.2	30.1
190	22.1	23.0	23.9	24.8	25.7	26.5	27.4	28.3	29.2	30.0
191	22.1	22.9	23.8	24.7	25.6	26.5	27.4	28.2	29.1	30.0
192	22.0	22.9	23.8	24.7	25.5	26.4	27.3	28.2	29.0	29.9
193	21.9	22.8	23.7	24.6	25.5	26.4	27.2	28.1	29.0	29.8
194	21.9	22.8	23.7	24.5	25.4	26.3	27.2	28.0	28.9	29.8
195	21.8	22.7	23.6	24.5	25.4	26.2	27.1	28.0	28.8	29.7
196	21.8	22.7	23.5	24.4	25.3	26.2	27.1	27.9	28.8	29.6
197	21.7	22.6	23.5	24.4	25.3	26.1	27.0	27.9	28.7	29.6
198	21.7	22.6	23.4	24.3	25.2	26.1	26.9	27.8	28.7	29.5
199	21.6	22.5	23.4	24.3	25.1	26.0	26.9	27.7	28.6	29.5
200	21.6	22.4	23.3	24.2	25.1	26.0	26.8	27.7	28.5	29.4

API GRAVITY AT 60°F (Abridged)

0-50° F.

Observed Temperature, °F.	Group Number and API Gravity Range at 60° F.							
	Group 0	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 7
	0-14.9° API	15.0-34.9° API	35.0-50.9° API	51.0-63.9° API	64.0-78.9° API	79.0-88.9° API	89.0-93.9° API	94.0-100.0° API
Factor for Reducing Volume to 60° F.								
0	1.0211	1.0211	1.0298	1.0362	1.0419	1.0478	1.0501	1.0532
1	1.0208	1.0237	1.0293	1.0356	1.0412	1.0470	1.0493	1.0523
2	1.0201	1.0233	1.0288	1.0350	1.0405	1.0462	1.0481	1.0511
3	1.0201	1.0229	1.0283	1.0341	1.0399	1.0451	1.0476	1.0506
4	1.0197	1.0225	1.0278	1.0338	1.0392	1.0446	1.0468	1.0497
5	1.0191	1.0221	1.0273	1.0332	1.0385	1.0438	1.0460	1.0488
6	1.0190	1.0217	1.0268	1.0326	1.0378	1.0430	1.0451	1.0479
7	1.0186	1.0213	1.0263	1.0320	1.0371	1.0423	1.0443	1.0470
8	1.0183	1.0209	1.0258	1.0314	1.0361	1.0415	1.0435	1.0462
9	1.0179	1.0205	1.0253	1.0308	1.0357	1.0407	1.0427	1.0453
10	1.0176	1.0201	1.0248	1.0302	1.0350	1.0399	1.0418	1.0444
11	1.0172	1.0197	1.0243	1.0296	1.0343	1.0391	1.0410	1.0435
12	1.0169	1.0193	1.0238	1.0290	1.0336	1.0383	1.0402	1.0427
13	1.0165	1.0189	1.0233	1.0281	1.0329	1.0375	1.0393	1.0418
14	1.0162	1.0185	1.0228	1.0278	1.0322	1.0367	1.0385	1.0409
15	1.0158	1.0181	1.0223	1.0272	1.0315	1.0359	1.0377	1.0400
16	1.0155	1.0177	1.0218	1.0266	1.0308	1.0351	1.0369	1.0391
17	1.0151	1.0173	1.0214	1.0260	1.0301	1.0343	1.0360	1.0383
18	1.0148	1.0168	1.0209	1.0253	1.0294	1.0336	1.0352	1.0374
19	1.0144	1.0164	1.0201	1.0247	1.0287	1.0328	1.0344	1.0365
20	1.0141	1.0160	1.0199	1.0241	1.0280	1.0320	1.0335	1.0356
21	1.0137	1.0156	1.0194	1.0235	1.0273	1.0312	1.0327	1.0347
22	1.0133	1.0152	1.0189	1.0229	1.0266	1.0304	1.0319	1.0338
23	1.0130	1.0148	1.0181	1.0223	1.0259	1.0296	1.0310	1.0330
24	1.0126	1.0144	1.0179	1.0217	1.0253	1.0288	1.0302	1.0321
25	1.0123	1.0140	1.0174	1.0211	1.0246	1.0280	1.0294	1.0312
26	1.0119	1.0136	1.0169	1.0205	1.0239	1.0272	1.0285	1.0303
27	1.0116	1.0132	1.0164	1.0199	1.0232	1.0264	1.0277	1.0294
28	1.0112	1.0128	1.0159	1.0193	1.0225	1.0256	1.0269	1.0285
29	1.0109	1.0124	1.0151	1.0187	1.0218	1.0248	1.0260	1.0276
30	1.0105	1.0120	1.0149	1.0181	1.0211	1.0240	1.0252	1.0268
31	1.0102	1.0116	1.0144	1.0175	1.0204	1.0232	1.0244	1.0259
32	1.0098	1.0112	1.0139	1.0169	1.0197	1.0221	1.0235	1.0250
33	1.0095	1.0108	1.0131	1.0163	1.0190	1.0216	1.0227	1.0241
34	1.0091	1.0101	1.0129	1.0157	1.0183	1.0208	1.0219	1.0232
35	1.0088	1.0100	1.0124	1.0151	1.0176	1.0200	1.0210	1.0223
36	1.0085	1.0096	1.0119	1.0145	1.0169	1.0192	1.0202	1.0214
37	1.0081	1.0092	1.0114	1.0139	1.0162	1.0184	1.0193	1.0205
38	1.0077	1.0088	1.0109	1.0133	1.0155	1.0176	1.0185	1.0197
39	1.0074	1.0084	1.0101	1.0127	1.0148	1.0168	1.0177	1.0188
40	1.0070	1.0080	1.0099	1.0121	1.0141	1.0160	1.0168	1.0179
41	1.0067	1.0076	1.0094	1.0115	1.0134	1.0152	1.0160	1.0170
42	1.0063	1.0072	1.0089	1.0109	1.0127	1.0144	1.0152	1.0161
43	1.0060	1.0068	1.0084	1.0103	1.0120	1.0136	1.0143	1.0152
44	1.0056	1.0064	1.0079	1.0097	1.0113	1.0128	1.0135	1.0143
45	1.0053	1.0060	1.0075	1.0091	1.0106	1.0120	1.0126	1.0131
46	1.0049	1.0056	1.0070	1.0085	1.0099	1.0112	1.0118	1.0125
47	1.0046	1.0052	1.0065	1.0079	1.0091	1.0101	1.0110	1.0116
48	1.0042	1.0048	1.0060	1.0073	1.0084	1.0096	1.0101	1.0107
49	1.0038	1.0044	1.0055	1.0067	1.0077	1.0088	1.0093	1.0099
50	1.0035	1.0040	1.0050	1.0061	1.0070	1.0080	1.0081	1.0090

0-100° API

50-100° F.

API GRAVITY AT 60°F (Abridged)

Observed Temperature, °F.	Group Number and API Gravity Range at 60° F.							
	Group 0	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 7
	0-14.9° API	15.0-34.9° API	35.0-50.9° API	51.0-63.9° API	64.0-78.9° API	79.0-88.9° API	89.0-93.9° API	94.0-100.0° API
Factor for Reducing Volume to 60° F.								
50	1.0035	1.0040	1.0050	1.0061	1.0070	1.0080	1.0084	1.0090
51	1.0031	1.0036	1.0045	1.0054	1.0063	1.0072	1.0076	1.0081
52	1.0028	1.0032	1.0040	1.0048	1.0056	1.0064	1.0067	1.0072
53	1.0024	1.0028	1.0035	1.0042	1.0049	1.0056	1.0059	1.0063
54	1.0021	1.0024	1.0030	1.0036	1.0042	1.0048	1.0051	1.0054
55	1.0017	1.0020	1.0025	1.0030	1.0035	1.0040	1.0042	1.0045
56	1.0014	1.0016	1.0020	1.0024	1.0028	1.0032	1.0034	1.0036
57	1.0010	1.0012	1.0015	1.0018	1.0021	1.0024	1.0025	1.0027
58	1.0007	1.0009	1.0010	1.0012	1.0014	1.0016	1.0017	1.0018
59	1.0003	1.0004	1.0005	1.0006	1.0007	1.0008	1.0009	1.0009
60	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
61	0.9997	0.9996	0.9995	0.9994	0.9993	0.9992	0.9992	0.9991
62	0.9993	0.9992	0.9990	0.9988	0.9986	0.9984	0.9983	0.9982
63	0.9990	0.9988	0.9985	0.9982	0.9979	0.9976	0.9975	0.9973
64	0.9986	0.9984	0.9980	0.9976	0.9972	0.9968	0.9966	0.9961
65	0.9983	0.9980	0.9975	0.9970	0.9965	0.9960	0.9958	0.9955
66	0.9979	0.9976	0.9970	0.9964	0.9958	0.9952	0.9949	0.9946
67	0.9976	0.9972	0.9965	0.9958	0.9951	0.9944	0.9941	0.9937
68	0.9972	0.9968	0.9960	0.9951	0.9941	0.9935	0.9932	0.9928
69	0.9969	0.9964	0.9955	0.9945	0.9936	0.9927	0.9924	0.9919
70	0.9965	0.9960	0.9950	0.9939	0.9929	0.9919	0.9915	0.9910
71	0.9962	0.9956	0.9945	0.9933	0.9922	0.9911	0.9907	0.9901
72	0.9958	0.9952	0.9940	0.9927	0.9915	0.9903	0.9898	0.9892
73	0.9955	0.9948	0.9935	0.9921	0.9908	0.9895	0.9890	0.9883
74	0.9951	0.9944	0.9930	0.9915	0.9901	0.9887	0.9881	0.9874
75	0.9948	0.9940	0.9925	0.9909	0.9894	0.9879	0.9873	0.9865
76	0.9944	0.9936	0.9920	0.9903	0.9887	0.9871	0.9864	0.9856
77	0.9941	0.9932	0.9916	0.9897	0.9880	0.9863	0.9856	0.9847
78	0.9937	0.9929	0.9911	0.9891	0.9873	0.9855	0.9847	0.9838
79	0.9934	0.9925	0.9906	0.9885	0.9866	0.9846	0.9839	0.9829
80	0.9930	0.9921	0.9901	0.9879	0.9859	0.9838	0.9830	0.9820
81	0.9927	0.9917	0.9896	0.9873	0.9851	0.9830	0.9822	0.9811
82	0.9923	0.9913	0.9891	0.9866	0.9844	0.9822	0.9813	0.9802
83	0.9920	0.9909	0.9886	0.9860	0.9837	0.9814	0.9805	0.9792
84	0.9916	0.9905	0.9881	0.9851	0.9830	0.9806	0.9796	0.9783
85	0.9913	0.9901	0.9876	0.9848	0.9823	0.9798	0.9788	0.9774
86	0.9909	0.9897	0.9871	0.9841	0.9816	0.9790	0.9779	0.9765
87	0.9906	0.9893	0.9866	0.9836	0.9809	0.9781	0.9771	0.9756
88	0.9902	0.9889	0.9861	0.9830	0.9802	0.9773	0.9762	0.9747
89	0.9899	0.9885	0.9856	0.9824	0.9795	0.9765	0.9753	0.9738
90	0.9896	0.9881	0.9851	0.9818	0.9787	0.9757	0.9745	0.9729
91	0.9892	0.9877	0.9846	0.9812	0.9780	0.9749	0.9736	0.9720
92	0.9889	0.9873	0.9841	0.9806	0.9773	0.9741	0.9728	0.9711
93	0.9885	0.9869	0.9836	0.9799	0.9766	0.9733	0.9719	0.9702
94	0.9882	0.9865	0.9831	0.9793	0.9759	0.9724	0.9711	0.9693
95	0.9878	0.9861	0.9826	0.9787	0.9752	0.9716	0.9702	0.9683
96	0.9875	0.9857	0.9821	0.9781	0.9745	0.9708	0.9691	0.9674
97	0.9871	0.9851	0.9816	0.9775	0.9738	0.9700	0.9685	0.9665
98	0.9868	0.9846	0.9811	0.9769	0.9731	0.9692	0.9676	0.9656
99	0.9864	0.9841	0.9806	0.9763	0.9723	0.9681	0.9668	0.9647
100	0.9861	0.9842	0.9801	0.9757	0.9716	0.9675	0.9659	0.9638

Observed Temperature, °F.	Group Number and API Gravity Range at 60° F.							
	Group 0	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6	Group 7
	0-14.9° API	15.0-34.9° API	35.0-50.9° API	51.0-63.9° API	64.0-78.9° API	79.0-88.9° API	89.0-93.9° API	94.0-100.0° API
Factor for Reducing Volume to 60° F.								
100	0.9861	0.9842	0.9801	0.9757	0.9716	0.9675	0.9659	0.9638
101	0.9857	0.9838	0.9796	0.9751	0.9709	0.9667	0.9651	0.9629
102	0.9854	0.9834	0.9791	0.9745	0.9702	0.9659	0.9642	0.9620
103	0.9851	0.9830	0.9786	0.9738	0.9695	0.9651	0.9633	0.9610
104	0.9847	0.9826	0.9781	0.9732	0.9688	0.9643	0.9625	0.9601
105	0.9844	0.9822	0.9776	0.9726	0.9681	0.9634	0.9616	0.9592
106	0.9840	0.9818	0.9771	0.9720	0.9673	0.9626	0.9608	0.9583
107	0.9837	0.9814	0.9766	0.9714	0.9666	0.9618	0.9599	0.9574
108	0.9833	0.9810	0.9761	0.9708	0.9659	0.9610	0.9590	0.9565
109	0.9830	0.9806	0.9756	0.9702	0.9652	0.9602	0.9582	0.9555
110	0.9826	0.9803	0.9751	0.9696	0.9645	0.9593	0.9573	0.9546
111	0.9823	0.9799	0.9746	0.9690	0.9638	0.9585	0.9565	0.9537
112	0.9819	0.9795	0.9741	0.9683	0.9630	0.9577	0.9556	0.9528
113	0.9816	0.9791	0.9736	0.9677	0.9623	0.9569	0.9547	0.9519
114	0.9813	0.9787	0.9731	0.9671	0.9616	0.9561	0.9539	0.9510
115	0.9809	0.9783	0.9726	0.9665	0.9609	0.9552	0.9530	0.9500
116	0.9806	0.9779	0.9721	0.9659	0.9602	0.9544	0.9521	0.9491
117	0.9802	0.9775	0.9717	0.9653	0.9595	0.9536	0.9513	0.9482
118	0.9799	0.9771	0.9712	0.9647	0.9587	0.9528	0.9504	0.9473
119	0.9795	0.9767	0.9707	0.9641	0.9580	0.9519	0.9495	0.9464
120	0.9792	0.9763	0.9702	0.9634	0.9573	0.9511	0.9487	0.9455
121	0.9788	0.9760	0.9697	0.9628	0.9566	0.9503	0.9478	0.9445
122	0.9785	0.9756	0.9692	0.9622	0.9559	0.9495	0.9469	0.9436
123	0.9782	0.9752	0.9687	0.9616	0.9552	0.9487	0.9461	0.9427
124	0.9778	0.9748	0.9682	0.9610	0.9544	0.9478	0.9452	0.9418
125	0.9775	0.9744	0.9677	0.9604	0.9537	0.9470	0.9443	0.9408
126	0.9771	0.9740	0.9672	0.9598	0.9530	0.9462	0.9435	0.9399
127	0.9768	0.9736	0.9667	0.9592	0.9523	0.9454	0.9426	0.9390
128	0.9764	0.9732	0.9662	0.9585	0.9516	0.9445	0.9417	0.9381
129	0.9761	0.9728	0.9657	0.9579	0.9508	0.9437	0.9409	0.9371
130	0.9758	0.9725	0.9652	0.9573	0.9501	0.9429	0.9400	0.9362
131	0.9754	0.9721	0.9647	0.9567	0.9494	0.9420	0.9391	0.9353
132	0.9751	0.9717	0.9642	0.9561	0.9487	0.9412	0.9383	0.9344
133	0.9747	0.9713	0.9637	0.9555	0.9480	0.9404	0.9374	0.9334
134	0.9744	0.9709	0.9632	0.9549	0.9472	0.9396	0.9365	0.9325
135	0.9740	0.9705	0.9627	0.9542	0.9465	0.9387	0.9355	0.9316
136	0.9737	0.9701	0.9622	0.9536	0.9458	0.9379	0.9348	0.9307
137	0.9734	0.9697	0.9617	0.9530	0.9451	0.9371	0.9339	0.9297
138	0.9730	0.9693	0.9612	0.9524	0.9444	0.9362	0.9330	0.9288
139	0.9727	0.9690	0.9607	0.9518	0.9436	0.9354	0.9322	0.9279
140	0.9723	0.9686	0.9602	0.9512	0.9429	0.9346	0.9313	0.9270
141	0.9720	0.9682	0.9597	0.9506	0.9422	0.9338	0.9304	0.9260
142	0.9716	0.9678	0.9592	0.9499	0.9415	0.9329	0.9296	0.9251
143	0.9713	0.9674	0.9587	0.9493	0.9407	0.9321	0.9287	0.9242
144	0.9710	0.9670	0.9582	0.9487	0.9400	0.9313	0.9278	0.9232
145	0.9706	0.9666	0.9577	0.9481	0.9393	0.9304	0.9269	0.9223
146	0.9703	0.9662	0.9572	0.9475	0.9386	0.9296	0.9261	0.9214
147	0.9699	0.9659	0.9567	0.9469	0.9379	0.9288	0.9252	0.9204
148	0.9696	0.9655	0.9562	0.9462	0.9371	0.9279	0.9243	0.9195
149	0.9693	0.9651	0.9557	0.9456	0.9361	0.9271	0.9234	0.9186
150	0.9689	0.9647	0.9552	0.9450	0.9357	0.9263	0.9226	0.9177

Observed Temperature, °F.	Group Number and API Gravity Range at 60° F.				Observed Temperature, °F.	Group Number and API Gravity Range at 60° F.)		
	Group 0	Group 1	Group 2	Group 3		Group 0	Group 1	Group 2
	0-14.9° API	15.0-34.9° API	35.0-50.9° API	51.0-63.9° API		0-14.9° API	15.0-34.9° API	35.0-50.9° API
Factor for Reducing Volume to 60° F.								
150	0.9689	0.9647	0.9552	0.9450	200	0.9520	0.9456	0.9303
151	0.9686	0.9643	0.9547	0.9444	201	0.9516	0.9452	0.9298
152	0.9682	0.9639	0.9542	0.9438	202	0.9513	0.9448	0.9293
153	0.9679	0.9635	0.9537	0.9432	203	0.9509	0.9444	0.9289
154	0.9675	0.9632	0.9532	0.9426	204	0.9506	0.9441	0.9283
155	0.9672	0.9628	0.9527	0.9419	205	0.9503	0.9437	0.9278
156	0.9669	0.9624	0.9522	0.9413	206	0.9499	0.9433	0.9273
157	0.9665	0.9620	0.9517	0.9407	207	0.9496	0.9429	0.9268
158	0.9662	0.9618	0.9512	0.9401	208	0.9493	0.9425	0.9263
159	0.9658	0.9612	0.9507	0.9395	209	0.9489	0.9422	0.9258
160	0.9655	0.9609	0.9502	0.9389	210	0.9486	0.9418	0.9253
161	0.9652	0.9605	0.9497	0.9382	211	0.9483	0.9414	0.9248
162	0.9648	0.9601	0.9492	0.9376	212	0.9479	0.9410	0.9243
163	0.9645	0.9597	0.9487	0.9370	213	0.9476	0.9407	0.9239
164	0.9641	0.9593	0.9482	0.9364	214	0.9472	0.9403	0.9233
165	0.9638	0.9589	0.9477	0.9358	215	0.9469	0.9399	0.9228
166	0.9635	0.9585	0.9472	0.9351	216	0.9466	0.9395	0.9223
167	0.9631	0.9582	0.9467	0.9345	217	0.9462	0.9391	0.9218
168	0.9628	0.9578	0.9462	0.9339	218	0.9459	0.9388	0.9213
169	0.9624	0.9574	0.9457	0.9333	219	0.9456	0.9384	0.9208
170	0.9621	0.9570	0.9452	0.9327	220	0.9452	0.9380	0.9203
171	0.9618	0.9566	0.9447	0.9321	221	0.9449	0.9376	0.9198
172	0.9614	0.9562	0.9442	0.9314	222	0.9446	0.9373	0.9193
173	0.9611	0.9559	0.9437	0.9308	223	0.9442	0.9369	0.9188
174	0.9607	0.9555	0.9432	0.9302	224	0.9439	0.9365	0.9183
175	0.9604	0.9551	0.9428	0.9296	225	0.9436	0.9361	0.9178
176	0.9601	0.9547	0.9423	0.9290	226	0.9432	0.9358	0.9173
177	0.9597	0.9543	0.9418	0.9283	227	0.9429	0.9354	0.9168
178	0.9594	0.9539	0.9413	0.9277	228	0.9426	0.9350	0.9163
179	0.9590	0.9536	0.9408	0.9271	229	0.9422	0.9346	0.9158
180	0.9587	0.9532	0.9403	0.9265	230	0.9419	0.9343	0.9153
181	0.9584	0.9528	0.9398	0.9259	231	0.9416	0.9339	0.9148
182	0.9580	0.9524	0.9393	0.9252	232	0.9412	0.9335	0.9143
183	0.9577	0.9520	0.9388	0.9246	233	0.9409	0.9331	0.9138
184	0.9574	0.9517	0.9383	0.9240	234	0.9405	0.9328	0.9133
185	0.9570	0.9513	0.9378	0.9234	235	0.9402	0.9324	0.9128
186	0.9567	0.9509	0.9373	0.9228	236	0.9399	0.9320	0.9123
187	0.9563	0.9505	0.9368	0.9221	237	0.9395	0.9316	0.9118
188	0.9560	0.9501	0.9363	0.9215	238	0.9392	0.9313	0.9113
189	0.9557	0.9498	0.9358	0.9209	239	0.9389	0.9309	0.9108
190	0.9553	0.9494	0.9353	0.9203	240	0.9385	0.9305	0.9103
191	0.9550	0.9490	0.9348	0.9197	241	0.9382	0.9301	0.9098
192	0.9547	0.9486	0.9343	0.9190	242	0.9379	0.9298	0.9093
193	0.9543	0.9482	0.9338	0.9184	243	0.9375	0.9294	0.9088
194	0.9540	0.9478	0.9333	0.9178	244	0.9372	0.9290	0.9083
195	0.9536	0.9475	0.9328	0.9172	245	0.9369	0.9286	0.9078
196	0.9533	0.9471	0.9323	0.9166	246	0.9365	0.9283	0.9073
197	0.9530	0.9467	0.9318	0.9160	247	0.9362	0.9279	0.9068
198	0.9526	0.9463	0.9313	0.9153	248	0.9359	0.9275	0.9063
199	0.9523	0.9460	0.9308	0.9147	249	0.9356	0.9272	0.9058
200	0.9520	0.9456	0.9303	0.9141	250	0.9352	0.9268	0.9053

1.77 to 3.74 cSt

3.75 to 5.74 cSt

Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS					
	At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F	At 100°F	At 210°F	At 100°F	At 210°F
1.77	32.0	32.1	2.27	33.5	33.7	2.77	35.2	35.4	3.27	36.8	37.1	3.77	38.5	38.7	4.27	40.1	40.3	4.77	41.7	41.9	5.27	43.3	43.5				
1.78	32.1	32.1	2.28	33.6	33.8	2.78	35.2	35.5	3.28	36.9	37.1	3.78	38.5	38.7	4.28	40.1	40.4	4.78	41.7	42.0	5.28	43.3	43.6				
1.79	32.1	32.1	2.29	33.6	33.8	2.79	35.3	35.5	3.29	36.9	37.1	3.79	38.5	38.8	4.29	40.1	40.4	4.79	41.7	42.0	5.29	43.3	43.6				
1.80	32.1	32.1	2.30	33.6	33.8	2.80	35.3	35.5	3.30	36.9	37.2	3.80	38.6	38.8	4.30	40.2	40.4	4.80	41.8	42.0	5.30	43.3	43.6				
1.81	32.0	32.2	2.31	33.7	33.9	2.81	35.3	35.6	3.31	37.0	37.2	3.81	38.6	38.8	4.31	40.2	40.5	4.81	41.8	42.1	5.31	43.4	43.7				
1.82	32.0	32.2	2.32	33.7	33.9	2.81	35.4	35.6	3.32	37.0	37.2	3.82	38.6	38.9	4.32	40.2	40.5	4.82	41.8	42.1	5.32	43.4	43.7				
1.83	32.0	32.2	2.33	33.7	33.9	2.83	35.4	35.6	3.33	37.0	37.3	3.83	38.7	38.9	4.33	40.3	40.5	4.83	41.9	42.1	5.33	43.4	43.7				
1.84	32.1	32.3	2.34	33.8	34.0	2.84	35.4	35.7	3.34	37.1	37.3	3.84	38.7	38.9	4.34	40.3	40.6	4.84	41.9	42.2	5.34	43.5	43.8				
1.85	32.1	32.3	2.35	33.8	34.0	2.85	35.5	35.7	3.35	37.1	37.3	3.85	38.7	39.0	4.35	40.3	40.6	4.85	41.9	42.2	5.35	43.5	43.8				
1.86	32.1	32.3	2.36	33.8	34.0	2.86	35.5	35.7	3.36	37.1	37.4	3.86	38.7	39.0	4.36	40.4	40.6	4.86	41.9	42.2	5.36	43.5	43.8				
1.87	32.2	32.4	2.37	33.9	34.1	2.87	35.5	35.8	3.37	37.2	37.4	3.87	38.8	39.0	4.37	40.4	40.7	4.87	42.0	42.3	5.37	43.6	43.9				
1.88	32.2	32.4	2.38	33.9	34.1	2.88	35.6	35.8	3.38	37.2	37.4	3.88	38.8	39.1	4.38	40.4	40.7	4.88	42.0	42.3	5.38	43.6	43.9				
1.89	32.2	32.4	2.39	33.9	34.2	2.89	35.6	35.8	3.39	37.2	37.5	3.89	38.8	39.1	4.39	40.4	40.7	4.89	42.0	42.3	5.39	43.6	43.9				
1.90	32.3	32.5	2.40	34.0	34.2	2.90	35.6	35.9	3.40	37.3	37.5	3.90	38.9	39.1	4.40	40.5	40.8	4.90	42.1	42.4	5.40	43.7	44.0				
1.91	32.3	32.5	2.41	34.0	34.2	2.91	35.7	35.9	3.41	37.3	37.5	3.91	38.9	39.2	4.41	40.5	40.8	4.91	42.1	42.4	5.41	43.7	44.0				
1.92	32.3	32.5	2.42	34.0	34.3	2.92	35.7	35.9	3.42	37.3	37.6	3.92	38.9	39.2	4.42	40.5	40.8	4.92	42.1	42.4	5.42	43.7	44.0				
1.93	32.4	32.6	2.43	34.1	34.3	2.93	35.7	36.0	3.43	37.4	37.6	3.93	39.0	39.2	4.43	40.6	40.8	4.93	42.2	42.5	5.43	43.8	44.1				
1.94	32.4	32.6	2.44	34.1	34.3	2.94	35.8	36.0	3.44	37.4	37.6	3.94	39.0	39.3	4.44	40.6	40.9	4.94	42.2	42.5	5.44	43.8	44.1				
1.95	32.4	32.6	2.45	34.1	34.4	2.95	35.8	36.0	3.45	37.4	37.7	3.95	39.0	39.3	4.45	40.6	40.9	4.95	42.2	42.5	5.45	43.8	44.1				
1.96	32.5	32.7	2.46	34.2	34.4	2.96	35.8	36.1	3.46	37.5	37.7	3.96	39.1	39.3	4.46	40.7	40.9	4.96	42.3	42.5	5.46	43.9	44.2				
1.97	32.5	32.7	2.47	34.2	34.4	2.97	35.9	36.1	3.47	37.5	37.7	3.97	39.1	39.4	4.47	40.7	41.0	4.97	42.3	42.6	5.47	43.9	44.2				
1.98	32.5	32.8	2.48	34.2	34.5	2.98	35.9	36.1	3.48	37.5	37.8	3.98	39.1	39.4	4.48	40.7	41.0	4.98	42.3	42.6	5.48	43.9	44.2				
1.99	32.6	32.8	2.49	34.3	34.5	2.99	35.9	36.2	3.49	37.6	37.8	3.99	39.2	39.4	4.49	40.8	41.0	4.99	42.4	42.6	5.49	44.0	44.2				
2.00	32.6	32.8	2.50	34.3	34.5	3.00	36.0	36.2	3.50	37.6	37.8	4.00	39.2	39.5	4.50	40.8	41.1	5.00	42.4	42.7	5.50	44.0	44.3				
2.01	32.6	32.9	2.51	34.3	34.6	3.01	36.0	36.2	3.51	37.6	37.9	4.01	39.2	39.5	4.51	40.8	41.1	5.01	42.4	42.7	5.51	44.0	44.3				
2.02	32.7	32.9	2.52	34.4	34.6	3.02	36.0	36.3	3.52	37.6	37.9	4.02	39.3	39.5	4.52	40.9	41.1	5.02	42.5	42.7	5.52	44.0	44.3				
2.03	32.7	32.9	2.53	34.4	34.6	3.03	36.0	36.3	3.53	37.7	37.9	4.03	39.3	39.6	4.53	40.9	41.2	5.03	42.5	42.8	5.53	44.1	44.4				
2.04	32.7	33.0	2.54	34.4	34.7	3.04	36.1	36.3	3.54	37.7	38.0	4.04	39.3	39.6	4.54	40.9	41.2	5.04	42.5	42.8	5.54	44.1	44.4				
2.05	32.8	33.0	2.55	34.5	34.7	3.05	36.1	36.4	3.55	37.7	38.0	4.05	39.4	39.6	4.55	41.0	41.2	5.05	42.6	42.8	5.55	44.1	44.4				
2.06	32.8	33.0	2.56	34.5	34.7	3.06	36.1	36.4	3.56	37.8	38.0	4.06	39.4	39.7	4.56	41.0	41.3	5.06	42.6	42.9	5.56	44.2	44.5				
2.07	32.8	33.1	2.57	34.5	34.8	3.07	36.2	36.4	3.57	37.8	38.1	4.07	39.4	39.7	4.57	41.0	41.3	5.07	42.6	42.9	5.57	44.2	44.5				
2.08	32.9	33.1	2.58	34.6	34.8	3.08	36.2	36.5	3.58	37.8	38.1	4.08	39.5	39.7	4.58	41.1	41.3	5.08	42.6	42.9	5.58	44.2	44.5				
2.09	32.9	33.1	2.59	34.6	34.8	3.09	36.2	36.5	3.59	37.9	38.1	4.09	39.5	39.8	4.59	41.1	41.4	5.09	42.7	43.0	5.59	44.3	44.6				
2.10	32.9	33.2	2.60	34.6	34.9	3.10	36.3	36.5	3.60	37.9	38.2	4.10	39.5	39.8	4.60	41.1	41.4	5.10	42.7	43.0	5.60	44.3	44.6				
2.11	33.0	33.2	2.61	34.7	34.9	3.11	36.3	36.6	3.61	37.9	38.2	4.11	39.6	39.8	4.61	41.2	41.4	5.11	42.7	43.0	5.61	44.3	44.6				
2.12	33.0	33.2	2.62	34.7	34.9	3.12	36.3	36.6	3.62	38.0	38.2	4.12	39.6	39.8	4.62	41.2	41.5	5.12	42.8	43.1	5.62	44.4	44.7				
2.13	33.0	33.3	2.63	34.7	35.0	3.13	36.4	36.6	3.63	38.0	38.3	4.13	39.6	39.9	4.63	41.2	41.5	5.13	42.8	43.1	5.63	44.4	44.7				
2.14	33.1	33.3	2.64	34.8	35.0	3.14	36.4	36.7	3.64	38.0	38.3	4.14	39.6	39.9	4.64	41.2	41.5	5.14	42.8	43.1	5.64	44.4	44.7				
2.15	33.1	33.3	2.65	34.8	35.0	3.15	36.4	36.7	3.65	38.1	38.3	4.15	39.7	39.9	4.65	41.3	41.6	5.15	42.9	43.2	5.65	44.5	44.8				
2.16	33.1	33.4	2.66	34.8	35.1	3.16	36.5	36.7	3.66	38.1	38.4	4.16	39.7	40.0	4.66	41.3	41.6	5.16	42.9	43.2	5.66	44.5	44.8				
2.17	33.2	33.4	2.67	34.9	35.1	3.17	36.5	36.8	3.67	38.1	38.4	4.17	39.7	40.0	4.67	41.3	41.6	5.17	42.9	43.2	5.67	44.5	44.8				
2.18	33.2	33.4	2.68	34.9	35.1	3.18	36.5	36.8	3.68	38.2	38.4	4.18	39.8	40.0	4.68	41.4	41.7	5.18	43.0	43.3	5.68	44.6	44.9				
2.19	33.2	33.5	2.69	34.9	35.2	3.19	36.6	36.8	3.69	38.2	38.5	4.19	39.8	40.1	4.69	41.4	41.7	5.19	43.0	43.3	5.69	44.6	44.9				
2.20	33.3	33.5	2.70	35.0	35.2	3.20	36.6	36.9	3.70	38.2	38.5	4.20	39.8	40.1	4.70	41.4	41.7	5.20	43.0	43.3	5.70	44.6	44.9				
2.21	33.3	33.5	2.71	35.0	35.2	3.21	36.6	36.9	3.71	38.3	38.5	4.21	39.9	40.1	4.71	41.5	41.7	5.21	43.1	43.3	5.71	44.7	45.0				
2.22	33.3	33.6	2.72	35.0	35.3	3.22	36.7	36.9	3.72	38.3	38.5	4.22	39.9	40.2	4.72	41.5	41.8	5.22	43.1	43.4	5.72	44.7	45.0				
2.23	33.4	33.6	2.73	35.1	35.3	3.23	36.7	37.0	3.73	38.3	38.5	4.23	39.9	40.2	4.73	41.5	41.8	5.23	43.1	43.4	5.73	44.7	45.0				
2.24	33.4	33.6	2.74	35.1	35.3	3.24	36.7	37.0	3.74	38.4	38.6	4.24	40.0	40.2	4.74	41.6	41.8	5.24	43.2	43.4	5.74	44.7	45.0				

5.75 to 7.74 cSt

7.75 to 9.98 cSt

Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS					
	At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F	At 100°F	At 210°F	At 100°F	At 210°F
5.75	44.8	45.1	6.25	46.4	46.7	6.75	48.0	48.3	7.25	49.6	49.9	7.75	51.2	51.6	8.25	52.9	53.2	8.75	54.6	54.9	9.25	56.3	56.6				
5.76	44.8	45.1	6.26	46.4	46.7	6.76	48.0	48.3	7.26	49.6	50.0	7.76	51.3	51.6	8.26	52.9	53.3	8.76	54.6	55.0	9.26	56.3	56.7				
5.77	44.8	45.1	6.27	46.4	46.8	6.77	48.0	48.4	7.27	49.7	50.0	7.77	51.3	51.6	8.27	53.0	53.3	8.77	54.6	55.0	9.27	56.3	56.7				
5.78	44.9	45.2	6.28	46.5	46.8	6.78	48.1	48.4	7.28	49.7	50.0	7.78	51.3	51.7	8.28	53.0	53.3	8.78	54.7	55.0	9.28	56.4	56.7				
5.79	44.9	45.2	6.29	46.5	46.8	6.79	48.1	48.4	7.29	49.7	50.1	7.79	51.4	51.7	8.29	53.0	53.4	8.79	54.7	55.1	9.29	56.4	56.8				
5.80	44.9	45.2	6.30	46.5	46.8	6.80	48.1	48.5	7.30	49.8	50.1	7.80	51.4	51.7	8.30	53.1	53.4	8.80	54.7	55.1	9.30	56.4	56.8				
5.81	45.0	45.3	6.31	46.6	46.9	6.81	48.2	48.5	7.31	49.8	50.1	7.81	51.4	51.8	8.31	53.1	53.4	8.81	54.8	55.1	9.31	56.5	56.8				
5.82	45.0	45.3	6.32	46.6	46.9	6.82	48.2	48.5	7.32	49.8	50.2	7.82	51.5	51.8	8.32	53.1	53.5	8.82	54.8	55.2	9.32	56.5	56.9				
5.83	45.0	45.3	6.33	46.6	46.9	6.83	48.2	48.6	7.33	49.9	50.2	7.83	51.5	51.8	8.33	53.2	53.5	8.83	54.8	55.2	9.33	56.5	56.9				
5.84	45.1	45.4	6.34	46.7	47.0	6.84	48.3	48.6	7.34	49.9	50.2	7.84	51.5	51.9	8.34	53.2	53.5	8.84	54.9	55.2	9.34	56.6	56.9				
5.85	45.1	45.4	6.35	46.7	47.0	6.85	48.3	48.6	7.35	49.9	50.3	7.85	51.6	51.9	8.35	53.2	53.6	8.85	54.9	55.3	9.35	56.6	57.0				
5.86	45.1	45.4	6.36	46.7	47.0	6.86	48.3	48.7	7.36	50.0	50.3	7.86	51.6	51.9	8.36	53.3	53.6	8.86	54.9	55.3	9.36	56.6	57.0				
5.87	45.2	45.5	6.37	46.8	47.1	6.87	48.4	48.7	7.37	50.0	50.3	7.87	51.6	52.0	8.37	53.3	53.6	8.87	55.0	55.3	9.37	56.7	57.0				
5.88	45.2	45.5	6.38	46.8	47.1	6.88	48.4	48.7	7.38	50.0	50.4	7.88	51.7	52.0	8.38	53.3	53.7	8.88	55.0	55.4	9.38	56.7	57.1				
5.89	45.2	45.5	6.39	46.8	47.1	6.89	48.4	48.8	7.39	50.1	50.4	7.89	51.7	52.0	8.39	53.4	53.7	8.89	55.0	55.4	9.39	56.7	57.1				
5.90	45.3	45.6	6.40	46.9	47.2	6.90	48.5	48.8	7.40	50.1	50.4	7.90	51.7	52.1	8.40	53.4	53.7	8.90	55.1	55.4	9.40	56.8	57.1				
5.91	45.3	45.6	6.41	46.9	47.2	6.91	48.5	48.8	7.41	50.1	50.5	7.91	51.8	52.1	8.41	53.4	53.8	8.91	55.1	55.5	9.41	56.8	57.2				
5.92	45.3	45.6	6.42	46.9	47.2	6.92	48.5	48.9	7.42	50.2	50.5	7.92	51.8	52.1	8.42	53.5	53.8	8.92	55.1	55.5	9.42	56.8	57.2				
5.93	45.4	45.7	6.43	47.0	47.3	6.93	48.6	48.9	7.43	50.2	50.6	7.93	51.8	52.2	8.43	53.5	53.8	8.93	55.2	55.5	9.43	56.9	57.2				
5.94	45.4	45.7	6.44	47.0	47.3	6.94	48.6	48.9	7.44	50.2	50.6	7.94	51.9	52.2	8.44	53.5	53.9	8.94	55.2	55.6	9.44	56.9	57.3				
5.95	45.4	45.7	6.45	47.0	47.3	6.95	48.6	49.0	7.45	50.3	50.6	7.95	51.9	52.2	8.45	53.6	53.9	8.95	55.2	55.6	9.45	56.9	57.3				
5.96	45.4	45.8	6.46	47.0	47.4	6.96	48.7	49.0	7.46	50.3	50.6	7.96	51.9	52.3	8.46	53.6	53.9	8.96	55.3	55.6	9.46	57.0	57.4				
5.97	45.5	45.8	6.47	47.1	47.4	6.97	48.7	49.0	7.47	50.3	50.7	7.97	52.0	52.3	8.47	53.6	54.0	8.97	55.3	55.7	9.47	57.0	57.4				
5.98	45.5	45.8	6.48	47.1	47.4	6.98	48.7	49.1	7.48	50.3	50.7	7.98	52.0	52.3	8.48	53.7	54.0	8.98	55.3	55.7	9.48	57.0	57.4				
5.99	45.5	45.9	6.49	47.1	47.5	6.99	48.8	49.1	7.49	50.4	50.7	7.99	52.0	52.4	8.49	53.7	54.0	8.99	55.4	55.7	9.49	57.1	57.5				
6.00	45.6	45.9	6.50	47.2	47.5	7.00	48.8	49.1	7.50	50.4	50.8	8.00	52.1	52.4	8.50	53.7	54.1	9.00	55.4	55.8	9.50	57.1	57.5				
6.01	45.6	45.9	6.51	47.2	47.5	7.01	48.8	49.1	7.51	50.4	50.8	8.01	52.1	52.4	8.51	53.8	54.1	9.01	55.4	55.8	9.51	57.2	57.6				
6.02	45.6	45.9	6.52	47.2	47.6	7.02	48.9	49.2	7.52	50.5	50.8	8.02	52.1	52.5	8.52	53.8	54.1	9.02	55.5	55.8	9.52	57.2	57.6				
6.03	45.7	46.0	6.53	47.3	47.6	7.03	48.9	49.2	7.53	50.5	50.9	8.03	52.2	52.5	8.53	53.8	54.2	9.03	55.5	55.9	9.53	57.3	57.7				
6.04	45.7	46.0	6.54	47.3	47.6	7.04	48.9	49.2	7.54	50.5	50.9	8.04	52.2	52.5	8.54	53.9	54.2	9.04	55.5	55.9	9.54	57.4	57.8				
6.05	45.7	46.0	6.55	47.3	47.7	7.05	49.0	49.3	7.55	50.6	50.9	8.05	52.2	52.6	8.55	53.9	54.2	9.05	55.6	55.9	9.55	57.5	57.8				
6.06	45.8	46.1	6.56	47.4	47.7	7.06	49.0	49.3	7.56	50.6	51.0	8.06	52.3	52.6	8.56	53.9	54.3	9.06	55.6	56.0	9.56	57.5	57.9				
6.07	45.8	46.1	6.57	47.4	47.7	7.07	49.0	49.3	7.57	50.6	51.0	8.07	52.3	52.6	8.57	54.0	54.3	9.07	55.6	56.0	9.57	57.6	58.0				
6.08	45.8	46.1	6.58	47.4	47.8	7.08	49.0	49.4	7.58	50.7	51.0	8.08	52.3	52.7	8.58	54.0	54.3	9.08	55.7	56.0	9.58	57.7	58.1				
6.09	45.9	46.2	6.59	47.5	47.8	7.09	49.1	49.4	7.59	50.7	51.0	8.09	52.4	52.7	8.59	54.0	54.4	9.09	55.7	56.1	9.59	57.7	58.1				
6.10	45.9	46.2	6.60	47.5	47.8	7.10	49.1	49.4	7.60	50.7	51.1	8.10	52.4	52.7	8.60	54.1	54.4	9.10	55.7	56.1	9.60	57.8	58.2				
6.11	45.9	46.2	6.61	47.5	47.8	7.11	49.1	49.5	7.61	50.8	51.1	8.11	52.4	52.8	8.61	54.1	54.5	9.11	55.8	56.1	9.61	57.9	58.3				
6.12	46.0	46.3	6.62	47.6	47.9	7.12	49.2	49.5	7.62	50.8	51.1	8.12	52.5	52.8	8.62	54.1	54.5	9.12	55.8	56.2	9.62	57.9	58.3				
6.13	46.0	46.3	6.63	47.6	47.9	7.13	49.2	49.5	7.63	50.8	51.2	8.13	52.5	52.8	8.63	54.2	54.5	9.13	55.8	56.2	9.63	58.0	58.4				
6.14	46.0	46.3	6.64	47.6	47.9	7.14	49.2	49.6	7.64	50.9	51.2	8.14	52.5	52.9	8.64	54.2	54.6	9.14	55.9	56.3	9.64	58.1	58.5				
6.15	46.1	46.4	6.65	47.7	48.0	7.15	49.3	49.6	7.65	50.9	51.2	8.15	52.6	52.9	8.65	54.2	54.6	9.15	55.9	56.3	9.65	58.1	58.5				
6.16	46.1	46.4	6.66	47.7	48.0	7.16	49.3	49.6	7.66	50.9	51.3	8.16	52.6	52.9	8.66	54.3	54.6	9.16	55.9	56.3	9.66	58.2	58.6				
6.17	46.1	46.4	6.67	47.7	48.0	7.17	49.3	49.7	7.67	51.0	51.3	8.17	52.6	53.0	8.67	54.3	54.7	9.17	56.0	56.4	9.67	58.3	58.7				
6.18	46.2	46.5	6.68	47.8	48.1	7.18	49.4	49.7	7.68	51.0	51.3	8.18	52.7	53.0	8.68	54.3	54.7	9.18	56.0	56.4	9.68	58.4	58.8				
6.19	46.2	46.5	6.69	47.8	48.1	7.19	49.4	49.7	7.69	51.0	51.4	8.19	52.7	53.0	8.69	54.4	54.7	9.19	56.0	56.4	9.69	58.4	58.8				
6.20	46.2	46.5	6.70	47.8	48.1	7.20	49.4	49.8	7.70	51.1	51.4	8.20	52.7	53.1	8.70	54.4	54.8	9.20	56.1	56.5	9.70	58.5	58.9				
6.21	46.2	46.6	6.71	47.9	48.2	7.21	49.5	49.8	7.71	51.1	51.4	8.21	52.8	53.1	8.71	54.4	54.8	9.21	56.1	56.5	9.71	58.6	59.0				
6.22	46.3	46.6	6.72	47.9	48.2	7.22	49.5	49.8	7.72	51.1	51.5	8.22	52.8	53.1	8.72	54.5	54.8	9.22	56.2	56.5	9.72	58.6	59.0				
6.23	46.3	46.6	6.73	47.9	48.2	7.23	49.5	49.9	7.73	51.2	51.5	8.23	52.8	53.2	8.73	54.5	54.9	9.23	56.2	56.6	9.73	58.7	59.1				
6.24	46.3	46.7	6.74	47.9	48.3	7.24	49.6	49.9	7.74	51.2	51.5	8.24	52.9	53.2	8.74	54.5	54.9	9.24	56.2	56.6	9.74	58.8	59.2				

10.00 to 13.98 cSt

14.00 to 17.98 cSt

Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS					
	At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F	At 100°F	At 210°F	At 100°F	At 210°F
10.00	58.8	59.2	11.00	62.4	62.8	12.00	66.0	66.4	13.00	69.7	70.3	14.00	73.5	74.0	15.00	77.4	77.9	16.00	81.4	81.9	17.00	85.4	86.0	
10.02	58.9	59.3	11.02	62.4	62.9	12.02	66.1	66.5	13.02	69.8	70.3	14.02	73.6	74.1	15.02	77.5	78.0	16.02	81.4	82.0	17.02	85.5	86.0	
10.04	59.0	59.4	11.04	62.5	62.9	12.04	66.1	66.6	13.04	69.9	70.3	14.04	73.7	74.2	15.04	77.6	78.1	16.04	81.5	82.1	17.04	85.6	86.1	
10.06	59.0	59.4	11.06	62.6	63.0	12.06	66.2	66.7	13.06	69.9	70.4	14.06	73.7	74.2	15.06	77.6	78.2	16.06	81.6	82.2	17.06	85.6	86.2	
10.08	59.1	59.5	11.08	62.7	63.1	12.08	66.3	66.7	13.08	70.0	70.3	14.08	73.8	74.3	15.08	77.7	78.2	16.08	81.7	82.2	17.08	85.7	86.3	
10.10	59.2	59.6	11.10	62.7	63.1	12.10	66.4	66.8	13.10	70.1	70.6	14.10	73.9	74.4	15.10	77.8	78.3	16.10	81.8	82.3	17.10	85.8	86.4	
10.12	59.3	59.7	11.12	62.8	63.2	12.12	66.4	66.9	13.12	70.2	70.6	14.12	74.0	74.5	15.12	77.9	78.4	16.12	81.8	82.4	17.12	85.9	86.5	
10.14	59.3	59.7	11.14	62.9	63.3	12.14	66.5	67.0	13.14	70.2	70.7	14.14	74.1	74.6	15.14	78.0	78.5	16.14	81.9	82.5	17.14	86.0	86.5	
10.16	59.4	59.8	11.16	62.9	63.4	12.16	66.6	67.0	13.16	70.3	70.8	14.16	74.1	74.6	15.16	78.0	78.6	16.16	82.0	82.6	17.16	86.0	86.6	
10.18	59.5	59.9	11.18	63.0	63.4	12.18	66.7	67.1	13.18	70.4	70.9	14.18	74.2	74.7	15.18	78.1	78.6	16.18	82.1	82.6	17.18	86.1	86.7	
10.20	59.5	59.9	11.20	63.1	63.5	12.20	66.7	67.2	13.20	70.5	70.9	14.20	74.3	74.8	15.20	78.2	78.7	16.20	82.2	82.7	17.20	86.2	86.8	
10.22	59.6	60.0	11.22	63.2	63.6	12.22	66.8	67.2	13.22	70.5	71.0	14.22	74.4	74.9	15.22	78.3	78.8	16.22	82.2	82.8	17.22	86.3	86.9	
10.24	59.7	60.1	11.24	63.2	63.7	12.24	66.9	67.3	13.24	70.6	71.1	14.24	74.4	74.9	15.24	78.3	78.9	16.24	82.3	82.9	17.24	86.4	86.9	
10.26	59.7	60.1	11.26	63.3	63.7	12.26	66.9	67.4	13.26	70.7	71.2	14.26	74.5	75.0	15.26	78.4	79.0	16.26	82.4	83.0	17.26	86.5	87.0	
10.28	59.8	60.2	11.28	63.4	63.8	12.28	67.0	67.5	13.28	70.8	71.2	14.28	74.6	75.1	15.28	78.5	79.0	16.28	82.5	83.0	17.28	86.5	87.1	
10.30	59.9	60.3	11.30	63.4	63.9	12.30	67.1	67.5	13.30	70.8	71.3	14.30	74.7	75.2	15.30	78.6	79.1	16.30	82.6	83.1	17.30	86.6	87.2	
10.32	60.0	60.4	11.32	63.5	63.9	12.32	67.2	67.6	13.32	70.9	71.4	14.32	74.7	75.3	15.32	78.7	79.2	16.32	82.6	83.2	17.32	86.7	87.3	
10.34	60.0	60.4	11.34	63.6	64.0	12.34	67.2	67.7	13.34	71.0	71.5	14.34	74.8	75.3	15.34	78.7	79.3	16.34	82.7	83.3	17.34	86.8	87.4	
10.36	60.1	60.5	11.36	63.7	64.1	12.36	67.3	67.8	13.36	71.1	71.5	14.36	74.9	75.4	15.36	78.8	79.3	16.36	82.8	83.4	17.36	86.9	87.4	
10.38	60.2	60.6	11.38	63.7	64.2	12.38	67.4	67.8	13.38	71.1	71.6	14.38	75.0	75.5	15.38	78.9	79.4	16.38	82.9	83.4	17.38	86.9	87.5	
10.40	60.2	60.6	11.40	63.8	64.2	12.40	67.5	67.9	13.40	71.2	71.7	14.40	75.1	75.6	15.40	79.0	79.5	16.40	83.0	83.5	17.40	87.0	87.6	
10.42	60.3	60.7	11.42	63.9	64.3	12.42	67.5	68.0	13.42	71.3	71.8	14.42	75.1	75.6	15.42	79.1	79.6	16.42	83.0	83.6	17.42	87.1	87.7	
10.44	60.4	60.8	11.44	63.9	64.4	12.44	67.6	68.1	13.44	71.4	71.9	14.44	75.2	75.7	15.44	79.1	79.7	16.44	83.1	83.7	17.44	87.2	87.8	
10.46	60.4	60.9	11.46	64.0	64.5	12.46	67.7	68.1	13.46	71.4	71.9	14.46	75.3	75.8	15.46	79.2	79.7	16.46	83.2	83.8	17.46	87.3	87.9	
10.48	60.5	60.9	11.48	64.1	64.5	12.48	67.8	68.2	13.48	71.5	72.0	14.48	75.4	75.9	15.48	79.3	79.8	16.48	83.3	83.8	17.48	87.3	87.9	
10.50	60.6	61.0	11.50	64.2	64.6	12.50	67.8	68.3	13.50	71.6	72.1	14.50	75.4	76.0	15.50	79.4	79.9	16.50	83.4	83.9	17.50	87.4	88.0	
10.52	60.7	61.1	11.52	64.2	64.7	12.52	67.9	68.4	13.52	71.7	72.2	14.52	75.5	76.0	15.52	79.5	80.0	16.52	83.5	84.0	17.52	87.5	88.1	
10.54	60.7	61.1	11.54	64.3	64.7	12.54	68.0	68.4	13.54	71.8	72.2	14.54	75.6	76.1	15.54	79.5	80.1	16.54	83.5	84.1	17.54	87.6	88.2	
10.56	60.8	61.2	11.56	64.4	64.8	12.56	68.1	68.5	13.56	71.8	72.3	14.56	75.7	76.2	15.56	79.6	80.1	16.56	83.6	84.2	17.56	87.7	88.3	
10.58	60.9	61.3	11.58	64.5	64.9	12.58	68.1	68.6	13.58	71.9	72.4	14.58	75.8	76.3	15.58	79.7	80.2	16.58	83.7	84.3	17.58	87.8	88.3	
10.60	60.9	61.4	11.60	64.5	65.0	12.60	68.2	68.7	13.60	72.0	72.5	14.60	75.8	76.3	15.60	79.8	80.3	16.60	83.8	84.3	17.60	87.8	88.4	
10.62	61.0	61.4	11.62	64.6	65.0	12.62	68.3	68.7	13.62	72.1	72.5	14.62	75.9	76.4	15.62	79.8	80.4	16.62	83.9	84.4	17.62	87.9	88.5	
10.64	61.1	61.5	11.64	64.7	65.1	12.64	68.4	68.8	13.64	72.1	72.6	14.64	76.0	76.5	15.64	79.9	80.5	16.64	83.9	84.5	17.64	88.0	88.6	
10.66	61.2	61.6	11.66	64.7	65.2	12.66	68.4	68.9	13.66	72.2	72.7	14.66	76.1	76.6	15.66	80.0	80.5	16.66	84.0	84.6	17.66	88.1	88.7	
10.68	61.2	61.6	11.68	64.8	65.3	12.68	68.5	69.0	13.68	72.3	72.8	14.68	76.1	76.7	15.68	80.1	80.6	16.68	84.1	84.7	17.68	88.2	88.8	
10.70	61.3	61.7	11.70	64.9	65.3	12.70	68.6	69.0	13.70	72.4	72.8	14.70	76.2	76.7	15.70	80.2	80.7	16.70	84.2	84.7	17.70	88.3	88.8	
10.72	61.4	61.8	11.72	65.0	65.4	12.72	68.7	69.1	13.72	72.4	72.9	14.72	76.3	76.8	15.72	80.2	80.8	16.72	84.3	84.8	17.72	88.3	88.9	
10.74	61.4	61.9	11.74	65.0	65.5	12.74	68.7	69.2	13.74	72.5	73.0	14.74	76.4	76.9	15.74	80.3	80.9	16.74	84.3	84.9	17.74	88.4	89.0	
10.76	61.5	61.9	11.76	65.1	65.5	12.76	68.8	69.3	13.76	72.6	73.1	14.76	76.5	77.0	15.76	80.4	80.9	16.76	84.4	85.0	17.76	88.5	89.1	
10.78	61.6	62.0	11.78	65.2	65.6	12.78	68.9	69.3	13.78	72.7	73.2	14.78	76.5	77.1	15.78	80.5	81.0	16.78	84.5	85.1	17.78	88.6	89.2	
10.80	61.7	62.1	11.80	65.3	65.7	12.80	69.0	69.4	13.80	72.7	73.2	14.80	76.6	77.1	15.80	80.6	81.1	16.80	84.6	85.1	17.80	88.7	89.3	
10.82	61.7	62.1	11.82	65.3	65.8	12.82	69.0	69.5	13.82	72.8	73.3	14.82	76.7	77.2	15.82	80.6	81.2	16.82	84.7	85.2	17.82	88.7	89.3	
10.84	61.8	62.2	11.84	65.4	65.8	12.84	69.1	69.6	13.84	72.9	73.4	14.84	76.8	77.3	15.84	80.7	81.3	16.84	84.7	85.3	17.84	88.8	89.4	
10.86	61.9	62.3	11.86	65.5	65.9	12.86	69.2	69.6	13.86	73.0	73.5	14.86	76.9	77.4	15.86	80.8	81.3	16.86	84.8	85.4	17.86	88.9	89.5	
10.88	61.9	62.4	11.88	65.6	66.0	12.88	69.3	69.7	13.88	73.1	73.5	14.88	76.9	77.4	15.88	80.9	81.4	16.88	84.9	85.5	17.88	89.0	89.6	
10.90	62.0	62.4	11.90	65.6	66.1	12.90	69.3	69.8	13.90	73.1	73.6	14.90	77.0	77.5	15.90	81.0	81.5	16.90	85.0	85.6	17.90	89.1	89.7	
10.92	62.1	62.5	11.92	65.7	66.1	12.92	69.4	69.9	13.92	73.2	73.7	14.92	77.1	77.6	15.92	81.0	81.6	16.92	85.1	85.6	17.92	89.2	89.8	
10.94	62.2	62.6	11.94	65.8	66.2	12.94	69.5	69.9	13.94	73.3	73.8	14.94	77.2	77.7	15.94	81.1	81.7	16.94	85.1	85.7	17.94	89.2	89.8	
10.96	62.2	62.6	11.96	65.8	66.3	12.96	69.6	70.0	13.96	73.4	73.9	14.96	77.2	77.8	15.96	81.2	81.7	16.96	85.2	85.8	17.96	89.3	89.9	
10.98	62.3	62.7	11.98	65.9	66.4	12.98	69.6	70.1	13.98	73.4	73.9	14.98	77.3	77.8	15.98	81.3	81.8	16.98	85.3	85.9	17.98	89.4	90.0	

18.00 to 24.95 cSt

Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis. cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS					
	At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F	At 100°F	At 210°F	At 100°F	At 210°F
18.00	89.5	90.1	19.00	93.6	94.3	20.00	97.8	98.5	22.50	108.5	109.2	25.00	119.4	120.2	27.50	130.4	131.3	30.00	141.5	142.5	32.50	152.7	153.8				
18.02	89.6	90.2	19.02	93.7	94.3	20.05	98.0	98.7	22.55	108.7	109.4	25.05	119.6	120.4	27.55	130.6	131.5	30.05	141.7	142.7	32.55	153.0	154.0				
18.04	89.6	90.2	19.04	93.8	94.4	20.10	98.2	98.9	22.60	108.9	109.6	25.10	119.8	120.6	27.60	130.8	131.7	30.10	142.0	142.9	32.60	153.2	154.2				
18.06	89.7	90.3	19.06	93.9	94.5	20.15	98.5	99.1	22.65	109.1	109.9	25.15	120.0	120.8	27.65	131.0	131.9	30.15	142.2	143.1	32.65	153.4	154.4				
18.08	89.8	90.4	19.08	94.0	94.6	20.20	98.7	99.3	22.70	109.4	110.1	25.20	120.2	121.0	27.70	131.3	132.1	30.20	142.4	143.4	32.70	153.6	154.7				
18.10	89.9	90.5	19.10	94.0	94.7	20.25	98.9	99.5	22.75	109.6	110.3	25.25	120.5	121.3	27.75	131.5	132.4	30.25	142.6	143.6	32.75	153.9	154.9				
18.12	90.0	90.6	19.12	94.1	94.8	20.30	99.1	99.8	22.80	109.8	110.5	25.30	120.7	121.5	27.80	131.7	132.6	30.30	142.9	143.8	32.80	154.1	155.1				
18.14	90.1	90.7	19.14	94.2	94.8	20.35	99.3	100.0	22.85	110.0	110.7	25.35	120.9	121.7	27.85	131.9	132.8	30.35	143.1	144.0	32.85	154.3	155.4				
18.16	90.1	90.7	19.16	94.3	94.9	20.40	99.5	100.2	22.90	110.2	111.0	25.40	121.1	121.9	27.90	132.2	133.0	30.40	143.3	144.3	32.90	154.5	155.6				
18.18	90.2	90.8	19.18	94.4	95.0	20.45	99.7	100.4	22.95	110.4	111.2	25.45	121.3	122.1	27.95	132.4	133.3	30.45	143.5	144.5	32.95	154.8	155.8				
18.20	90.3	90.9	19.20	94.5	95.1	20.50	99.9	100.6	23.00	110.6	111.4	25.50	121.6	122.4	28.00	132.6	133.5	30.50	143.8	144.7	33.00	155.0	156.0				
18.22	90.4	91.0	19.22	94.5	95.2	20.55	100.1	100.8	23.05	110.9	111.6	25.55	121.8	122.6	28.05	132.8	133.7	30.55	144.0	144.9	33.05	155.2	156.3				
18.24	90.5	91.1	19.24	94.6	95.3	20.60	100.4	101.0	23.10	111.1	111.8	25.60	122.0	122.8	28.10	133.0	133.9	30.60	144.2	145.2	33.10	155.4	156.5				
18.26	90.6	91.2	19.26	94.7	95.4	20.65	100.6	101.2	23.15	111.3	112.0	25.65	122.2	123.0	28.15	133.3	134.2	30.65	144.4	145.4	33.15	155.7	156.7				
18.28	90.6	91.2	19.28	94.8	95.4	20.70	100.8	101.5	23.20	111.5	112.3	25.70	122.4	123.3	28.20	133.5	134.4	30.70	144.6	145.6	33.20	155.9	156.9				
18.30	90.7	91.3	19.30	94.9	95.5	20.75	101.0	101.7	23.25	111.7	112.5	25.75	122.6	123.5	28.25	133.7	134.6	30.75	144.9	145.8	33.25	156.1	157.2				
18.32	90.8	91.4	19.32	95.0	95.6	20.80	101.2	101.9	23.30	111.9	112.7	25.80	122.9	123.7	28.30	133.9	134.8	30.80	145.1	146.1	33.30	156.3	157.4				
18.34	90.9	91.5	19.34	95.0	95.7	20.85	101.4	102.1	23.35	112.2	112.9	25.85	123.1	123.9	28.35	134.2	135.1	30.85	145.3	146.3	33.35	156.6	157.6				
18.36	91.0	91.6	19.36	95.1	95.8	20.90	101.6	102.3	23.40	112.4	113.1	25.90	123.3	124.1	28.40	134.4	135.3	30.90	145.5	146.5	33.40	156.8	157.8				
18.38	91.1	91.7	19.38	95.2	95.9	20.95	101.8	102.5	23.45	112.6	113.4	25.95	123.5	124.4	28.45	134.6	135.5	30.95	145.8	146.7	33.45	157.0	158.1				
18.40	91.1	91.7	19.40	95.3	95.9	21.00	102.1	102.7	23.50	112.8	113.6	26.00	123.7	124.6	28.50	134.8	135.7	31.00	146.0	147.0	33.50	157.2	158.3				
18.42	91.2	91.8	19.42	95.4	96.0	21.05	102.3	103.0	23.55	113.0	113.8	26.05	124.0	124.8	28.55	135.0	135.9	31.05	146.2	147.2	33.55	157.5	158.5				
18.44	91.3	91.9	19.44	95.5	96.1	21.10	102.5	103.2	23.60	113.2	114.0	26.10	124.2	125.0	28.60	135.3	136.2	31.10	146.4	147.4	33.60	157.7	158.8				
18.46	91.4	92.0	19.46	95.6	96.2	21.15	102.7	103.4	23.65	113.5	114.2	26.15	124.4	125.2	28.65	135.5	136.4	31.15	146.7	147.7	33.65	157.9	159.0				
18.48	91.5	92.1	19.48	95.6	96.3	21.20	102.9	103.6	23.70	113.7	114.4	26.20	124.6	125.5	28.70	135.7	136.6	31.20	146.9	147.9	33.70	158.2	159.2				
18.50	91.5	92.2	19.50	95.7	96.4	21.25	103.1	103.8	23.75	113.9	114.7	26.25	124.9	125.7	28.75	135.9	136.8	31.25	147.1	148.1	33.75	158.4	159.4				
18.52	91.6	92.2	19.52	95.8	96.4	21.30	103.3	104.0	23.80	114.1	114.9	26.30	125.1	125.9	28.80	136.2	137.1	31.30	147.3	148.3	33.80	158.6	159.7				
18.54	91.7	92.3	19.54	95.9	96.5	21.35	103.6	104.2	23.85	114.3	115.1	26.35	125.3	126.1	28.85	136.4	137.3	31.35	147.6	148.6	33.85	158.8	159.9				
18.56	91.8	92.4	19.56	96.0	96.6	21.40	103.8	104.5	23.90	114.6	115.3	26.40	125.5	126.4	28.90	136.6	137.5	31.40	147.8	148.8	33.90	159.1	160.1				
18.58	91.9	92.5	19.58	96.1	96.7	21.45	104.0	104.7	23.95	114.8	115.5	26.45	125.7	126.6	28.95	136.8	137.7	31.45	148.0	149.0	33.95	159.3	160.3				
18.60	92.0	92.6	19.60	96.1	96.8	21.50	104.2	104.9	24.00	115.0	115.8	26.50	126.0	126.8	29.00	137.0	138.0	31.50	148.2	149.2	34.00	159.5	160.6				
18.62	92.0	92.7	19.62	96.2	96.9	21.55	104.4	105.1	24.05	115.2	116.0	26.55	126.2	127.0	29.05	137.3	138.2	31.55	148.5	149.5	34.05	159.7	160.8				
18.64	92.1	92.7	19.64	96.3	97.0	21.60	104.6	105.3	24.10	115.4	116.2	26.60	126.4	127.2	29.10	137.5	138.4	31.60	148.7	149.7	34.10	160.0	161.0				
18.66	92.2	92.8	19.66	96.4	97.0	21.65	104.8	105.5	24.15	115.6	116.4	26.65	126.6	127.5	29.15	137.7	138.6	31.65	148.9	149.9	34.15	160.2	161.3				
18.68	92.3	92.9	19.68	96.5	97.1	21.70	105.0	105.8	24.20	115.9	116.6	26.70	126.8	127.7	29.20	137.9	138.9	31.70	149.1	150.1	34.20	160.4	161.5				
18.70	92.4	93.0	19.70	96.6	97.2	21.75	105.3	106.0	24.25	116.1	116.9	26.75	127.1	127.9	29.25	138.2	139.1	31.75	149.4	150.4	34.25	160.6	161.7				
18.72	92.5	93.1	19.72	96.6	97.3	21.80	105.5	106.2	24.30	116.3	117.1	26.80	127.3	128.1	29.30	138.4	139.3	31.80	149.6	150.6	34.30	160.9	161.9				
18.74	92.5	93.2	19.74	96.7	97.4	21.85	105.7	106.4	24.35	116.4	117.3	26.85	127.5	128.4	29.35	138.6	139.5	31.85	149.8	150.8	34.35	161.1	162.2				
18.76	92.6	93.3	19.76	96.8	97.5	21.90	105.9	106.6	24.40	116.7	117.5	26.90	127.7	128.6	29.40	138.8	139.8	31.90	150.0	151.0	34.40	161.3	162.4				
18.78	92.7	93.3	19.78	96.9	97.5	21.95	106.1	106.8	24.45	117.0	117.7	26.95	127.9	128.8	29.45	139.1	140.0	31.95	150.3	151.3	34.45	161.5	162.6				
18.80	92.8	93.4	19.80	97.0	97.6	22.00	106.3	107.0	24.50	117.2	118.0	27.00	128.2	129.0	29.50	139.3	140.2	32.00	150.5	151.5	34.50	161.8	162.9				
18.82	92.9	93.5	19.82	97.1	97.7	22.05	106.6	107.3	24.55	117.4	118.2	27.05	128.4	129.2	29.55	139.5	140.4	32.05	150.7	151.7	34.55	162.0	163.1				
18.84	93.0	93.6	19.84	97.1	97.8	22.10	106.8	107.5	24.60	117.6	118.4	27.10	128.6	129.5	29.60	139.7	140.7	32.10	150.9	152.0	34.60	162.2	163.3				
18.86	93.0	93.7	19.86	97.2	97.9	22.15	107.0	107.7	24.65	117.8	118.6	27.15	128.8	129.7	29.65	140.0	140.9	32.15	151.2	152.2	34.65	162.4	163.5				
18.88	93.1	93.8	19.88	97.3	98.0	22.20	107.2	107.9	24.70	118.0	118.8	27.20	129.0	129.9	29.70	140.2	141.1	32.20	151.4	152.4	34.70	162.7	163.8				
18.90	93.2	93.8	19.90	97.4	98.1	22.25	107.4	108.1	24.75	118.3	119.1	27.25	129.3	130.1	29.75	140.4	141.3	32.25	151.6	152.6	34.75	162.9	164.0				
18.92	93.3	93.9	19.92	97.5	98.1	22.30	107.6	108.3	24.80	118.5	119.3	27.30	129.5	130.4	29.80	140.6	141.6	32.30	151.8	152.9	34.80	163.1	164.2				
18.94	93.4	94.0	19.94	97.6	98.2	22.35	107.8	108.6	24.85	118.7	119.5	27.35	129.7	130.6	29.85	140.8	141.8	32.35	152.1	153.1	34.85	163.3	164.4				
18.96	93.5	94.1	19.96	97.7	98.3	22.40	108.1	108.8	24.90	1																	

TABLE 1 Minnesota Viscosity to Centistokes Universal Viscosity

Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS	
	At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F
35.00	164.0	165.1	37.50	175.4	176.5	40.00	186.8	188.0	42.50	198.2	199.3
35.05	164.3	165.4	37.55	175.6	176.8	40.05	187.0	188.2	42.55	198.4	199.7
35.10	164.5	165.6	37.60	175.8	177.0	40.10	187.2	188.5	42.60	198.6	200
35.15	164.7	165.8	37.65	176.1	177.2	40.15	187.4	188.7	42.65	198.9	200
35.20	164.9	166.0	37.70	176.3	177.5	40.20	187.7	188.9	42.70	199.1	200
35.25	165.2	166.3	37.75	176.5	177.7	40.25	187.9	189.2	42.75	199.3	200
35.30	165.4	166.5	37.80	176.7	177.9	40.30	188.1	189.4	42.80	199.5	200
35.35	165.6	166.7	37.85	177.0	178.1	40.35	188.4	189.6	42.85	199.8	201
35.40	165.8	167.0	37.90	177.2	178.4	40.40	188.6	189.8	42.90	200	201
35.45	166.1	167.2	37.95	177.4	178.6	40.45	188.8	190.1	42.95	200	201
35.50	166.3	167.4	38.00	177.6	178.8	40.50	189.0	190.3	43.00	200	201
35.55	166.5	167.6	38.05	177.9	179.1	40.55	189.3	190.5	43.05	201	202
35.60	166.7	167.9	38.10	178.1	179.3	40.60	189.5	190.8	43.10	201	202
35.65	167.0	168.1	38.15	178.3	179.5	40.65	189.7	191.0	43.15	201	202
35.70	167.2	168.3	38.20	178.6	179.8	40.70	189.9	191.2	43.20	201	202
35.75	167.4	168.5	38.25	178.8	180.0	40.75	190.2	191.5	43.25	202	202
35.80	167.7	168.8	38.30	179.0	180.2	40.80	190.4	191.7	43.30	202	203
35.85	167.9	169.0	38.35	179.2	180.4	40.85	190.6	191.9	43.35	202	203
35.90	168.1	169.2	38.40	179.5	180.7	40.90	190.9	192.1	43.40	202	203
35.95	168.3	169.5	38.45	179.7	180.9	40.95	191.1	192.4	43.45	203	203
36.00	168.6	169.7	38.50	179.9	181.1	41.00	191.3	192.6	43.50	203	204
36.05	168.8	169.9	38.55	180.1	181.4	41.05	191.5	192.8	43.55	203	204
36.10	169.0	170.1	38.60	180.4	181.6	41.10	191.8	193.1	43.60	203	204
36.15	169.2	170.4	38.65	180.6	181.8	41.15	192.0	193.3	43.65	203	204
36.20	169.5	170.6	38.70	180.8	182.0	41.20	192.2	193.5	43.70	204	205
36.25	169.7	170.8	38.75	181.1	182.3	41.25	192.5	193.7	43.75	204	205
36.30	169.9	171.1	38.80	181.3	182.5	41.30	192.7	194.0	43.80	204	205
36.35	170.1	171.3	38.85	181.5	182.7	41.35	192.9	194.2	43.85	204	205
36.40	170.4	171.5	38.90	181.7	183.0	41.40	193.1	194.4	43.90	205	205
36.45	170.6	171.7	38.95	182.0	183.2	41.45	193.4	194.7	43.95	205	206
36.50	170.8	172.0	39.00	182.2	183.4	41.50	193.6	194.9	44.00	205	206
36.55	171.1	172.2	39.05	182.4	183.6	41.55	193.8	195.1	44.05	205	206
36.60	171.3	172.4	39.10	182.7	183.9	41.60	194.1	195.4	44.10	205	206
36.65	171.5	172.7	39.15	182.9	184.1	41.65	194.3	195.6	44.15	206	207
36.70	171.7	172.9	39.20	183.1	184.3	41.70	194.5	195.8	44.20	206	207
36.75	172.0	173.1	39.25	183.3	184.6	41.75	194.7	196.0	44.25	206	207
36.80	172.2	173.3	39.30	183.6	184.8	41.80	195.0	196.3	44.30	206	207
36.85	172.4	173.6	39.35	183.8	185.0	41.85	195.2	196.5	44.35	207	208
36.90	172.6	173.8	39.40	184.0	185.3	41.90	195.4	196.7	44.40	207	208
36.95	172.9	174.0	39.45	184.2	185.5	41.95	195.7	197.0	44.45	207	208
37.00	173.1	174.3	39.50	184.5	185.7	42.00	195.9	197.2	44.50	207	208
37.05	173.3	174.5	39.55	184.7	185.9	42.05	196.1	197.4	44.55	208	208
37.10	173.6	174.7	39.60	184.9	186.2	42.10	196.3	197.7	44.60	208	209
37.15	173.8	174.9	39.65	185.2	186.4	42.15	196.6	197.9	44.65	208	209
37.20	174.0	175.2	39.70	185.4	186.6	42.20	196.8	198.1	44.70	208	209
37.25	174.2	175.4	39.75	185.6	186.9	42.25	197.0	198.3	44.75	208	209
37.30	174.5	175.6	39.80	185.8	187.1	42.30	197.3	198.6	44.80	209	210
37.35	174.7	175.9	39.85	186.1	187.3	42.35	197.5	198.8	44.85	209	210
37.40	174.9	176.1	39.90	186.3	187.5	42.40	197.7	199.0	44.90	209	210
37.45	175.1	176.3	39.95	186.5	187.8	42.45	197.9	199.3	44.95	209	210

Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS	
	At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F
45.00	210	211	47.50	221	222	50.0	233	234	55.0	256	257
45.05	210	211	47.55	221	222	50.1	233	234	55.1	256	257
45.10	210	211	47.60	222	223	50.2	233	235	55.2	256	258
45.15	210	211	47.65	222	223	50.3	234	235	55.3	257	258
45.20	211	211	47.70	222	223	50.4	234	235	55.4	257	259
45.25	211	212	47.75	222	223	50.5	235	236	55.5	258	259
45.30	211	212	47.80	222	223	50.6	235	236	55.6	258	260
45.35	211	212	47.85	223	224	50.7	236	237	55.7	259	260
45.40	211	212	47.90	223	224	50.8	236	237	55.8	259	260
45.45	212	213	47.95	223	224	50.9	237	238	55.9	260	261
45.50	212	213	48.00	223	224	51.0	237	238	56.0	260	261
45.55	212	213	48.05	224	225	51.1	238	239	56.1	261	262
45.60	212	213	48.10	224	225	51.2	238	239	56.2	261	262
45.65	213	214	48.15	224	225	51.3	239	240	56.3	262	263
45.70	213	214	48.20	224	225	51.4	239	240	56.4	262	263
45.75	213	214	48.25	225	226	51.5	239	241	56.5	262	264
45.80	213	214	48.30	225	226	51.6	240	241	56.6	263	264
45.85	214	214	48.35	225	226	51.7	240	241	56.7	263	265
45.90	214	215	48.40	225	226	51.8	241	242	56.8	264	265
45.95	214	215	48.45	225	226	51.9	241	242	56.9	264	266
46.00	214	215	48.50	226	227	52.0	242	243	57.0	265	266
46.05	214	215	48.55	226	227	52.1	242	243	57.1	265	266
46.10	215	216	48.60	226	227	52.2	243	244	57.2	266	267
46.15	215	216	48.65	226	227	52.3	243	244	57.3	266	267
46.20	215	216	48.70	227	228	52.4	244	245	57.4	267	268
46.25	215	216	48.75	227	228	52.5	244	245	57.5	267	268
46.30	216	217	48.80	227	228	52.6	245	246	57.6	268	269
46.35	216	217	48.85	227	228	52.7	245	246	57.7	268	269
46.40	216	217	48.90	227	229	52.8	245	247	57.8	268	270
46.45	216	217	48.95	228	229	52.9	246	247	57.9	269	270
46.50	216	217	49.00	228	229	53.0	246	247	58.0	269	271
46.55	217	218	49.05	228	229	53.1	247	248	58.1	270	271
46.60	217	218	49.10	228	229	53.2	247	248	58.2	270	272
46.65	217	218	49.15	229	230	53.3	248	249	58.3	271	272
46.70	217	218	49.20	229	230	53.4	248	249	58.4	271	273
46.75	218	219	49.25	229	230	53.5	249	250	58.5	272	273
46.80	218	219	49.30	229	230	53.6	249	250	58.6	272	273
46.85	218	219	49.35	230	231	53.7	250	251	58.7	273	274
46.90	218	219	49.40	230	231	53.8	250	251	58.8	273	274
46.95	219	220	49.45	230	231	53.9	250	252	58.9	274	275
47.00	219	220	49.50	230	231	54.0	251	252	59.0	274	275
47.05	219	220	49.55	230	232	54.1	251	253	59.1	274	276
47.10	219	220	49.60	231	232	54.2	252	253	59.2	275	276
47.15	219	220	49.65	231	232	54.3	252	254	59.3	275	277
47.20	220	221	49.70	231	232	54.4	253	254	59.4	276	277
47.25	220	221	49.75	231	232	54.5	253	254	59.5	276	278
47.30	220	221	49.80	232	233	54.6	254	255	59.6	277	278
47.35	220	221	49.85	232	233	54.7	254	255	59.7	277	279
47.40	221	222	49.90	232	233	54.8	255	256	59.8	278	279
47.45	221	222	49.95	232	233	54.9	255	256	59.9	278	279

TABLE 1 Kinematic Viscosity to Saybolt Universal Viscosity

Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS				
	At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F	At 100°F	At 210°F	
60.0	279	280	65.0	302	303	70.0	325	326	75.0	348	350	80.0	371	373	85.0	394	396	90.0	417	419	95.0	440	443
60.1	279	280	65.1	302	304	70.1	325	327	75.1	348	350	80.1	371	373	85.1	395	397	90.1	418	420	95.1	441	443
60.2	280	281	65.2	303	304	70.2	326	327	75.2	349	351	80.2	372	374	85.2	395	397	90.2	418	420	95.2	441	444
60.3	280	281	65.3	303	305	70.3	326	328	75.3	349	351	80.3	372	374	85.3	395	398	90.3	419	421	95.3	442	444
60.4	280	282	65.4	303	305	70.4	327	328	75.4	350	352	80.4	373	375	85.4	396	398	90.4	419	421	95.4	442	445
60.5	281	282	65.5	304	305	70.5	327	329	75.5	350	352	80.5	373	375	85.5	396	399	90.5	420	422	95.5	443	445
60.6	281	283	65.6	304	306	70.6	328	329	75.6	351	352	80.6	374	376	85.6	397	399	90.6	420	422	95.6	443	446
60.7	282	283	65.7	305	306	70.7	328	330	75.7	351	353	80.7	374	376	85.7	397	399	90.7	420	423	95.7	444	446
60.8	282	284	65.8	305	307	70.8	328	330	75.8	352	353	80.8	375	377	85.8	398	400	90.8	421	423	95.8	444	447
60.9	283	284	65.9	306	307	70.9	329	331	75.9	352	354	80.9	375	377	85.9	398	400	90.9	421	424	95.9	444	447
61.0	283	285	66.0	306	308	71.0	329	331	76.0	352	354	81.0	376	378	86.0	399	401	91.0	422	424	96.0	445	447
61.1	284	285	66.1	307	308	71.1	330	332	76.1	353	355	81.1	376	378	86.1	399	401	91.1	422	425	96.1	445	448
61.2	284	286	66.2	307	309	71.2	330	332	76.2	353	355	81.2	376	379	86.2	400	402	91.2	423	425	96.2	446	448
61.3	285	286	66.3	308	309	71.3	331	332	76.3	354	356	81.3	377	379	86.3	400	402	91.3	423	426	96.3	446	449
61.4	285	286	66.4	308	310	71.4	331	333	76.4	354	356	81.4	377	379	86.4	401	403	91.4	424	426	96.4	447	449
61.5	286	287	66.5	309	310	71.5	332	333	76.5	355	357	81.5	378	380	86.5	401	403	91.5	424	426	96.5	447	450
61.6	286	287	66.6	309	311	71.6	332	334	76.6	355	357	81.6	378	380	86.6	401	404	91.6	425	427	96.6	448	450
61.7	286	288	66.7	309	311	71.7	333	334	76.7	356	358	81.7	379	381	86.7	402	404	91.7	425	427	96.7	448	451
61.8	287	288	66.8	310	312	71.8	333	335	76.8	356	358	81.8	379	381	86.8	402	405	91.8	426	428	96.8	449	451
61.9	287	289	66.9	310	312	71.9	334	335	76.9	357	359	81.9	380	382	86.9	403	405	91.9	426	428	96.9	449	452
62.0	288	289	67.0	311	312	72.0	334	336	77.0	357	359	82.0	380	382	87.0	403	406	92.0	426	429	97.0	450	452
62.1	288	290	67.1	311	313	72.1	334	336	77.1	358	359	82.1	381	383	87.1	404	406	92.1	427	429	97.1	450	453
62.2	289	290	67.2	312	313	72.2	335	337	77.2	358	360	82.2	381	383	87.2	404	406	92.2	427	430	97.2	451	453
62.3	289	291	67.3	312	314	72.3	335	337	77.3	358	360	82.3	382	384	87.3	405	407	92.3	428	430	97.3	451	453
62.4	290	291	67.4	313	314	72.4	336	338	77.4	359	361	82.4	382	384	87.4	405	407	92.4	428	431	97.4	451	454
62.5	290	292	67.5	313	315	72.5	336	338	77.5	359	361	82.5	383	385	87.5	406	408	92.5	429	431	97.5	452	454
62.6	291	292	67.6	314	315	72.6	337	339	77.6	360	362	82.6	383	385	87.6	406	408	92.6	429	432	97.6	452	455
62.7	291	292	67.7	314	316	72.7	337	339	77.7	360	362	82.7	383	386	87.7	407	409	92.7	430	432	97.7	453	455
62.8	291	293	67.8	315	316	72.8	338	339	77.8	361	363	82.8	384	386	87.8	407	409	92.8	430	433	97.8	453	456
62.9	292	293	67.9	315	317	72.9	338	340	77.9	361	363	82.9	384	386	87.9	407	410	92.9	431	433	97.9	454	456
63.0	292	294	68.0	315	317	73.0	339	340	78.0	362	364	83.0	385	387	88.0	408	410	93.0	431	433	98.0	454	457
63.1	293	294	68.1	316	318	73.1	339	341	78.1	362	364	83.1	385	387	88.1	408	411	93.1	432	434	98.1	455	457
63.2	293	295	68.2	316	318	73.2	340	341	78.2	363	365	83.2	386	388	88.2	409	411	93.2	432	434	98.2	455	458
63.3	294	295	68.3	317	319	73.3	340	342	78.3	363	365	83.3	386	388	88.3	409	412	93.3	432	435	98.3	456	458
63.4	294	296	68.4	317	319	73.4	340	342	78.4	364	365	83.4	387	389	88.4	410	412	93.4	433	435	98.4	456	459
63.5	295	296	68.5	318	319	73.5	341	343	78.5	364	366	83.5	387	389	88.5	410	413	93.5	433	436	98.5	457	459
63.6	295	297	68.6	318	320	73.6	341	343	78.6	364	366	83.6	388	390	88.6	411	413	93.6	434	436	98.6	457	460
63.7	296	297	68.7	319	320	73.7	342	344	78.7	365	367	83.7	388	390	88.7	411	413	93.7	434	437	98.7	457	460
63.8	296	298	68.8	319	321	73.8	342	344	78.8	365	367	83.8	389	391	88.8	412	414	93.8	435	437	98.8	458	460
63.9	297	298	68.9	320	321	73.9	343	345	78.9	366	368	83.9	389	391	88.9	412	414	93.9	435	438	98.9	458	461
64.0	297	299	69.0	320	322	74.0	343	345	79.0	366	368	84.0	389	392	89.0	413	415	94.0	436	438	99.0	459	461
64.1	297	299	69.1	321	322	74.1	344	345	79.1	367	369	84.1	390	392	89.1	413	415	94.1	436	439	99.1	459	462
64.2	298	299	69.2	321	323	74.2	344	346	79.2	367	369	84.2	390	392	89.2	413	416	94.2	437	439	99.2	460	462
64.3	298	300	69.3	322	323	74.3	345	346	79.3	368	370	84.3	391	393	89.3	414	416	94.3	437	440	99.3	460	463
64.4	299	300	69.4	322	324	74.4	345	347	79.4	368	370	84.4	391	393	89.4	414	417	94.4	438	440	99.4	461	463
64.5	299	301	69.5	322	324	74.5	346	347	79.5	369	371	84.5	392	394	89.5	415	417	94.5	438	440	99.5	461	464
64.6	300	301	69.6	323	325	74.6	346	348	79.6	369	371	84.6	392	394	89.6	415	418	94.6	438	441	99.6	462	464
64.7	300	302	69.7	323	325	74.7	346	348	79.7	370	372	84.7	393	395	89.7	416	418	94.7	439	441	99.7	462	465
64.8	301	302	69.8	324	325	74.8	347	349	79.8	370	372	84.8	393	395	89.8	416	419	94.8	439	442	99.8	463	465
64.9	301	303	69.9	324	326	74.9	347	349	79.9	370	372	84.9	394	396	89.9	417	419	94.9	440	442	99.9	463	466

Temperature Viscosity to Centistokes Universal Viscosity

TARIF 1 Kinematic Viscosity to Saybolt Universal Viscosity

Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS		Kin Vis, cSt	Equivalent Saybolt Universal Viscosity, SUS	
	At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F		At 100°F	At 210°F
100.0	463	466	110.0	510	513	120.0	556	559	130.0	602	606
100.2	464	467	110.2	511	514	120.2	557	560	130.2	603	607
100.4	465	468	110.4	512	515	120.4	558	561	130.4	604	608
100.6	466	469	110.6	513	515	120.6	559	562	130.6	605	609
100.8	467	470	110.8	513	516	120.8	560	563	130.8	606	610
101.0	468	471	111.0	514	517	121.0	561	564	131.0	607	611
101.2	469	472	111.2	515	518	121.2	562	565	131.2	608	611
101.4	470	473	111.4	516	519	121.4	563	566	131.4	609	612
101.6	471	474	111.6	517	520	121.6	563	567	131.6	610	613
101.8	472	474	111.8	518	521	121.8	564	568	131.8	611	614
102.0	473	475	112.0	519	522	122.0	565	569	132.0	612	615
102.2	474	476	112.2	520	523	122.2	566	570	132.2	613	616
102.4	475	477	112.4	521	524	122.4	567	570	132.4	613	617
102.6	475	478	112.6	522	525	122.6	568	571	132.6	614	618
102.8	476	479	112.8	523	526	122.8	569	572	132.8	615	619
103.0	477	480	113.0	524	527	123.0	570	573	133.0	616	620
103.2	478	481	113.2	525	528	123.2	571	574	133.2	617	621
103.4	479	482	113.4	525	529	123.4	572	575	133.4	618	622
103.6	480	483	113.6	526	529	123.6	573	576	133.6	619	623
103.8	481	484	113.8	527	530	123.8	574	577	133.8	620	624
104.0	482	485	114.0	528	531	124.0	575	578	134.0	621	625
104.2	483	486	114.2	529	532	124.2	575	579	134.2	622	625
104.4	484	487	114.4	530	533	124.4	576	580	134.4	623	626
104.6	485	488	114.6	531	534	124.6	577	581	134.6	624	627
104.8	486	488	114.8	532	535	124.8	578	582	134.8	625	628
105.0	487	489	115.0	533	536	125.0	579	583	135.0	625	629
105.2	488	490	115.2	534	537	125.2	580	584	135.2	626	630
105.4	488	491	115.4	535	538	125.4	581	584	135.4	627	631
105.6	489	492	115.6	536	539	125.6	582	585	135.6	628	632
105.8	490	493	115.8	537	540	125.8	583	586	135.8	629	633
106.0	491	494	116.0	538	541	126.0	584	587	136.0	630	634
106.2	492	495	116.2	538	542	126.2	585	588	136.2	631	635
106.4	493	496	116.4	539	542	126.4	586	589	136.4	632	636
106.6	494	497	116.6	540	543	126.6	587	590	136.6	633	637
106.8	495	498	116.8	541	544	126.8	588	591	136.8	634	638
107.0	496	499	117.0	542	545	127.0	588	592	137.0	635	639
107.2	497	500	117.2	543	546	127.2	589	593	137.2	636	639
107.4	498	501	117.4	544	547	127.4	590	594	137.4	637	640
107.6	499	501	117.6	545	548	127.6	591	595	137.6	638	641
107.8	500	502	117.8	546	549	127.8	592	596	137.8	638	642
108.0	500	503	118.0	547	550	128.0	593	597	138.0	639	643
108.2	501	504	118.2	548	551	128.2	594	597	138.2	640	644
108.4	502	505	118.4	549	552	128.4	595	598	138.4	641	645
108.6	503	506	118.6	550	553	128.6	596	599	138.6	642	646
108.8	504	507	118.8	550	554	128.8	597	600	138.8	643	647
109.0	505	508	119.0	551	555	129.0	598	601	139.0	644	648
109.2	506	509	119.2	552	556	129.2	599	602	139.2	645	649
109.4	507	510	119.4	553	556	129.4	600	603	139.4	646	650
109.6	508	511	119.6	554	557	129.6	600	604	139.6	647	651
109.8	509	512	119.8	555	558	129.8	601	605	139.8	648	652

Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS	Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS	Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS	Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS	Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS	Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS	Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS	Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS	Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS	Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS										
																				At 100°F	At 100°F	At 100°F	At 100°F	At 100°F	At 100°F	At 100°F	At 100°F	At 100°F	At 100°F
140.0	649	150.0	695	160.0	741	170.0	788	180.0	834	190.0	880																		
140.2	650	150.2	696	160.2	742	170.2	789	180.2	835	190.2	881																		
140.4	650	150.4	697	160.4	743	170.4	789	180.4	836	190.4	882																		
140.6	651	150.6	698	160.6	744	170.6	790	180.6	837	190.6	883																		
140.8	652	150.8	699	160.8	745	170.8	791	180.8	838	190.8	884																		
141.0	653	151.0	700	161.0	746	171.0	792	181.0	839	191.0	885																		
141.2	654	151.2	701	161.2	747	171.2	793	181.2	839	191.2	886																		
141.4	655	151.4	701	161.4	748	171.4	794	181.4	840	191.4	887																		
141.6	656	151.6	702	161.6	749	171.6	795	181.6	841	191.6	888																		
141.8	657	151.8	703	161.8	750	171.8	796	181.8	842	191.8	889																		
142.0	658	152.0	704	162.0	751	172.0	797	182.0	843	192.0	889																		
142.2	659	152.2	705	162.2	751	172.2	798	182.2	844	192.2	890																		
142.4	660	152.4	706	162.4	752	172.4	799	182.4	845	192.4	891																		
142.6	661	152.6	707	162.6	753	172.6	800	182.6	846	192.6	892																		
142.8	662	152.8	708	162.8	754	172.8	801	182.8	847	192.8	893																		
143.0	663	153.0	709	163.0	755	173.0	801	183.0	848	193.0	894																		
143.2	663	153.2	710	163.2	756	173.2	802	183.2	849	193.2	895																		
143.4	664	153.4	711	163.4	757	173.4	803	183.4	850	193.4	896																		
143.6	665	153.6	712	163.6	758	173.6	804	183.6	851	193.6	897																		
143.8	666	153.8	713	163.8	759	173.8	805	183.8	851	193.8	898																		
144.0	667	154.0	713	164.0	760	174.0	806	184.0	852	194.0	899																		
144.2	668	154.2	714	164.2	761	174.2	807	184.2	853	194.2	900																		
144.4	669	154.4	715	164.4	762	174.4	808	184.4	854	194.4	901																		
144.6	670	154.6	716	164.6	763	174.6	809	184.6	855	194.6	902																		
144.8	671	154.8	717	164.8	763	174.8	810	184.8	856	194.8	902																		
145.0	672	155.0	718	165.0	764	175.0	811	185.0	857	195.0	903																		
145.2	673	155.2	719	165.2	765	175.2	812	185.2	858	195.2	904																		
145.4	674	155.4	720	165.4	766	175.4	813	185.4	859	195.4	905																		
145.6	675	155.6	721	165.6	767	175.6	814	185.6	860	195.6	906																		
145.8	676	155.8	722	165.8	768	175.8	814	185.8	861	195.8	907																		
146.0	676	156.0	723	166.0	769	176.0	815	186.0	862	196.0	908																		
146.2	677	156.2	724	166.2	770	176.2	816	186.2	863	196.2	909																		
146.4	678	156.4	725	166.4	771	176.4	817	186.4	864	196.4	910																		
146.6	679	156.6	726	166.6	772	176.6	818	186.6	864	196.6	911																		
146.8	680	156.8	726	166.8	773	176.8	819	186.8	865	196.8	912																		
147.0	681	157.0	727	167.0	774	177.0	820	187.0	866	197.0	913																		
147.2	682	157.2	728	167.2	775	177.2	821	187.2	867	197.2	914																		
147.4	683	157.4	729	167.4	776	177.4	822	187.4	868	197.4	914																		
147.6	684	157.6	730	167.6	776	177.6	823	187.6	869	197.6	915																		
147.8	685	157.8	731	167.8	777	177.8	824	187.8	870	197.8	916																		
148.0	686	158.0	732	168.0	778	178.0	825	188.0	871	198.0	917																		
148.2	687	158.2	733	168.2	779	178.2	826	188.2	872	198.2	918																		
148.4	688	158.4	734	168.4	780	178.4	826	188.4	873	198.4	919																		
148.6	688	158.6	735	168.6	781	178.6	827	188.6	874	198.6	920																		
148.8	689	158.8	736	168.8	782	178.8	828	188.8	875	198.8	921																		
149.0	690	159.0	737	169.0	783	179.0	829	189.0	876	199.0	922																		
149.2	691	159.2	738	169.2	784	179.2	830	189.2	877	199.2	923																		
149.4	692	159.4	738	169.4	785	179.4	831	189.4	877	199.4	924																		
149.6	693	159.6	739	169.6	786	179.6	832	189.6	878	199.6	925																		
149.8	694	159.8	740	169.8	787	179.8	833	189.8	879	199.8	926																		

TABLE 1 Kinematic Viscosity to Saybolt Universal Viscosity

Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS		Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS		Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS		Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS		Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS		Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS		Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS		Kin Vis, cSt	Equiv Say Univ Vis, SUS		
	At 100°F			At 100°F			At 100°F			At 100°F			At 100°F			At 100°F			At 100°F			At 100°F		
200.0	927	225.0	1042	250.0	1158	275.0	1274	300.0	1390	325.0	1506	350.0	1621	375.0	1737	400.0	1853	425.0	1969	450.0	2085	475.0	2200	
200.5	929	225.5	1045	250.5	1160	275.5	1276	300.5	1392	325.5	1508	350.5	1624	375.5	1739	400.5	1855	425.5	1971	450.5	2087	475.5	2203	
201.0	931	226.0	1047	251.0	1163	276.0	1279	301.0	1394	326.0	1510	351.0	1628	376.0	1744	401.0	1860	426.0	1976	451.0	2092	476.0	2207	
201.5	933	226.5	1049	251.5	1165	276.5	1281	301.5	1397	326.5	1512	351.5	1631	377.0	1746	402.0	1862	427.0	1978	452.0	2094	477.0	2210	
202.0	936	227.0	1052	252.0	1167	277.0	1283	302.0	1399	327.0	1515	352.0	1633	377.5	1749	402.5	1865	427.5	1980	452.5	2096	477.5	2212	
202.5	938	227.5	1054	252.5	1170	277.5	1286	302.5	1401	327.5	1517	352.5	1635	378.0	1751	403.0	1867	428.0	1983	453.0	2098	478.0	2214	
203.0	940	228.0	1056	253.0	1172	278.0	1288	303.0	1404	328.0	1519	353.0	1638	378.5	1753	403.5	1869	428.5	1985	453.5	2101	478.5	2217	
203.5	943	228.5	1059	253.5	1174	278.5	1290	303.5	1406	328.5	1522	353.5	1640	379.0	1756	404.0	1872	429.0	1987	454.0	2103	479.0	2219	
204.0	945	229.0	1061	254.0	1177	279.0	1292	304.0	1408	329.0	1524	354.0	1642	379.5	1758	404.5	1874	429.5	1990	454.5	2105	479.5	2221	
204.5	947	229.5	1063	254.5	1179	279.5	1295	304.5	1411	329.5	1526	355.0	1645	380.0	1760	405.0	1876	430.0	1992	455.0	2108	480.0	2224	
205.0	950	230.0	1065	255.0	1181	280.0	1297	305.0	1413	330.0	1529	355.5	1647	380.5	1763	405.5	1878	430.5	1994	455.5	2110	480.5	2226	
205.5	952	230.5	1068	255.5	1184	280.5	1299	305.5	1415	330.5	1531	356.0	1649	381.0	1765	406.0	1881	431.0	1997	456.0	2112	481.0	2228	
206.0	954	231.0	1070	256.0	1186	281.0	1302	306.0	1418	331.0	1533	356.5	1651	381.5	1767	406.5	1883	431.5	1999	456.5	2115	481.5	2231	
206.5	957	231.5	1072	256.5	1188	281.5	1304	306.5	1420	331.5	1536	357.0	1654	382.0	1770	407.0	1885	432.0	2001	457.0	2117	482.0	2233	
207.0	959	232.0	1075	257.0	1191	282.0	1306	307.0	1422	332.0	1538	357.5	1656	382.5	1772	407.5	1888	432.5	2004	457.5	2119	482.5	2235	
207.5	961	232.5	1077	257.5	1193	282.5	1309	307.5	1424	332.5	1540	358.0	1658	383.0	1774	408.0	1890	433.0	2006	458.0	2122	483.0	2237	
208.0	964	233.0	1079	258.0	1195	283.0	1311	308.0	1427	333.0	1543	358.5	1661	383.5	1777	408.5	1892	433.5	2008	458.5	2124	483.5	2240	
208.5	966	233.5	1082	258.5	1198	283.5	1313	308.5	1429	333.5	1545	359.0	1663	384.0	1779	409.0	1895	434.0	2010	459.0	2126	484.0	2242	
209.0	968	234.0	1084	259.0	1200	284.0	1316	309.0	1431	334.0	1547	359.5	1665	384.5	1781	409.5	1897	434.5	2013	459.5	2129	484.5	2244	
209.5	971	234.5	1086	259.5	1202	284.5	1318	309.5	1434	334.5	1550	360.0	1668	385.0	1783	410.0	1899	435.0	2015	460.0	2131	485.0	2247	
210.0	973	235.0	1089	260.0	1204	285.0	1320	310.0	1436	335.0	1552	360.5	1670	385.5	1786	410.5	1902	435.5	2017	460.5	2133	485.5	2249	
210.5	975	235.5	1091	260.5	1207	285.5	1323	310.5	1438	335.5	1554	361.0	1672	386.0	1788	411.0	1904	436.0	2020	461.0	2136	486.0	2251	
211.0	977	236.0	1093	261.0	1209	286.0	1325	311.0	1441	336.0	1557	361.5	1675	386.5	1790	411.5	1906	436.5	2022	461.5	2138	486.5	2254	
211.5	980	236.5	1096	261.5	1211	286.5	1327	311.5	1443	336.5	1559	362.0	1677	387.0	1793	412.0	1909	437.0	2024	462.0	2140	487.0	2256	
212.0	982	237.0	1098	262.0	1214	287.0	1330	312.0	1445	337.0	1561	362.5	1679	387.5	1795	412.5	1911	437.5	2027	462.5	2142	487.5	2258	
212.5	984	237.5	1100	262.5	1216	287.5	1332	312.5	1448	337.5	1563	363.0	1682	388.0	1797	413.0	1913	438.0	2029	463.0	2145	488.0	2261	
213.0	987	238.0	1103	263.0	1218	288.0	1334	313.0	1450	338.0	1566	363.5	1684	388.5	1800	413.5	1916	438.5	2031	463.5	2147	488.5	2263	
213.5	989	238.5	1105	263.5	1221	288.5	1336	313.5	1452	338.5	1568	364.0	1686	389.0	1802	414.0	1918	439.0	2034	464.0	2149	489.0	2265	
214.0	991	239.0	1107	264.0	1223	289.0	1339	314.0	1455	339.0	1570	364.5	1689	389.5	1804	414.5	1920	439.5	2036	464.5	2152	489.5	2268	
214.5	994	239.5	1109	264.5	1225	289.5	1341	314.5	1457	339.5	1573	365.0	1691	390.0	1807	415.0	1922	440.0	2038	465.0	2154	490.0	2270	
215.0	996	240.0	1112	265.0	1228	290.0	1343	315.0	1459	340.0	1575	365.5	1693	390.5	1809	415.5	1925	440.5	2041	465.5	2156	490.5	2272	
215.5	998	240.5	1114	265.5	1230	290.5	1346	315.5	1462	340.5	1577	366.0	1695	391.0	1811	416.0	1927	441.0	2043	466.0	2159	491.0	2275	
216.0	1001	241.0	1116	266.0	1232	291.0	1348	316.0	1464	341.0	1580	366.5	1698	391.5	1814	416.5	1929	441.5	2045	466.5	2161	491.5	2277	
216.5	1003	241.5	1119	266.5	1235	291.5	1350	316.5	1466	341.5	1582	367.0	1700	392.0	1816	417.0	1932	442.0	2048	467.0	2163	492.0	2279	
217.0	1005	242.0	1121	267.0	1237	292.0	1353	317.0	1468	342.0	1584	367.5	1702	392.5	1818	417.5	1934	442.5	2050	467.5	2166	492.5	2281	
217.5	1008	242.5	1123	267.5	1239	292.5	1355	317.5	1471	342.5	1587	368.0	1705	393.0	1821	418.0	1936	443.0	2052	468.0	2168	493.0	2284	
218.0	1010	243.0	1126	268.0	1242	293.0	1357	318.0	1473	343.0	1589	368.5	1707	393.5	1823	418.5	1939	443.5	2054	468.5	2170	493.5	2286	
218.5	1012	243.5	1128	268.5	1244	293.5	1360	318.5	1475	343.5	1591	369.0	1709	394.0	1825	419.0	1941	444.0	2057	469.0	2173	494.0	2288	
219.0	1015	244.0	1130	269.0	1246	294.0	1362	319.0	1478	344.0	1594	369.5	1712	394.5	1827	419.5	1943	444.5	2059	469.5	2175	494.5	2291	
219.5	1017	244.5	1133	269.5	1248	294.5	1364	319.5	1480	344.5	1596	370.0	1714	395.0	1830	420.0	1946	445.0	2061	470.0	2177	495.0	2293	
220.0	1019	245.0	1135	270.0	1251	295.0	1367	320.0	1482	345.0	1598	370.5	1716	395.5	1832	420.5	1948	445.5	2064	470.5	2180	495.5	2295	
220.5	1021	245.5	1137	270.5	1253	295.5	1369	320.5	1485	345.5	1601	371.0	1719	396.0	1834	421.0	1950	446.0	2066	471.0	2182	496.0	2298	
221.0	1024	246.0	1140	271.0	1255	296.0	1371	321.0	1487	346.0	1603	371.5	1721	396.5	1837	421.5	1953	446.5	2068	471.5	2184	496.5	2300	
221.5	1026	246.5	1142	271.5	1258	296.5	1374	321.5	1489	346.5	1605	372.0	1723	397.0	1839	422.0	1955	447.0	2071	472.0	2187	497.0	2302	
222.0	1028	247.0	1144	272.0	1260	297.0	1376	322.0	1492	347.0	1607	372.5	1726	397.5	1841	422.5	1957	447.5	2073	472.5	2189	497.5	2305	
222.5	1031	247.5	1147	272.5	1262	297.5	1378	322.5	1494	347.5	1610	373.0	1728	398.0	1844	423.0	1960	448.0	2075	473.0	2191	498.0	2307	
223.0	1033	248.0	1149	273.0	1265	298.0	1380	323.0	1496	348.0	1612	373.5	1730	398.5	1846	423.5	1962	448.5	2078	473.5	2193	498.5	2309	
223.5	1035	248.5	1151	273.5	1267	298.5	1383	323.5	1499	348.5	1614	374.0	1733	399.0	1848	424.0	1964	449.0	2080	474.0	2196	499.0	2312	
224.0	1038	249.0	1154	274.0	1269	299.0	1385	324.0	1501	349.0	1617	374.5	1735	399.5	1851	424.5	1966	449.5	2082	474.5	2198	499.5	2314	
224.5	1040	249.5	1156	274.5	1272	299.5	1387	324.5	1503	349.5	1619													
																							500.0	2316

Kin Vis. cSt	Equiv Say Furol Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Equiv Say Furol Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Equiv Say Furol Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Equiv Say Furol Vis. SFS	
	At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F
	At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F
43	25.1	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
49	25.6	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
50	26.0	25.2	100	48.6	48.4	150	71.5	72.1	200	94.8	96.0
51	26.5	25.6	101	49.1	48.9	151	72.0	72.6	201	95.2	96.5
52	27.0	26.1	102	49.5	49.3	152	72.4	73.1	202	95.7	96.9
53	27.4	26.5	103	50.0	49.8	153	72.9	73.5	203	96.2	97.4
54	27.9	27.0	104	50.4	50.3	154	73.4	74.0	204	96.6	97.9
55	28.3	27.4	105	50.9	50.7	155	73.8	74.5	205	97.1	98.4
56	28.8	27.9	106	51.3	51.2	156	74.3	75.0	206	97.6	98.8
57	29.2	28.4	107	51.8	51.7	157	74.8	75.4	207	98.0	99.8
58	29.7	28.8	108	52.3	52.2	158	75.2	75.9	208	98.5	99.8
59	30.1	29.3	109	52.7	52.6	159	75.7	76.4	209	99.0	100.3
60	30.6	29.7	110	53.2	53.1	160	76.1	76.9	210	99.4	100.8
61	31.1	30.2	111	53.6	53.6	161	76.6	77.4	211	99.9	101.2
62	31.5	30.6	112	54.1	54.1	162	77.1	77.8	212	100.4	101.7
63	32.0	31.1	113	54.5	54.5	163	77.5	78.3	213	100.9	102.2
64	32.4	31.6	114	55.0	55.0	164	78.0	78.8	214	101.3	102.7
65	32.9	32.0	115	55.4	55.5	165	78.5	79.3	215	101.8	103.1
66	33.3	32.5	116	55.9	55.9	166	78.9	79.7	216	102.3	103.6
67	33.8	33.0	117	56.3	56.4	167	79.4	80.2	217	102.7	104.1
68	34.2	33.4	118	56.8	56.9	168	79.9	80.7	218	103.2	104.6
69	34.7	33.9	119	57.3	57.4	169	80.3	81.2	219	103.7	105.1
70	35.1	34.3	120	57.7	57.8	170	80.8	81.6	220	104.1	105.5
71	35.6	34.8	121	58.2	58.3	171	81.2	82.1	221	104.6	106.0
72	36.0	35.3	122	58.6	58.8	172	81.7	82.6	222	105.1	106.5
73	36.5	35.7	123	59.1	59.3	173	82.2	83.1	223	105.6	107.0
74	36.9	36.2	124	59.5	59.7	174	82.6	83.6	224	106.0	107.4
75	37.4	36.7	125	60.0	60.2	175	83.1	84.0	225	106.5	107.9
76	37.8	37.1	126	60.5	60.7	176	83.6	84.5	226	106.9	108.4
77	38.3	37.6	127	60.9	61.2	177	84.0	85.0	227	107.4	108.9
78	38.7	38.1	128	61.4	61.6	178	84.5	85.5	228	107.9	109.4
79	39.2	38.5	129	61.8	62.1	179	85.0	85.9	229	108.3	109.8
80	39.6	39.0	130	62.3	62.6	180	85.4	86.4	230	108.8	110.3
81	40.1	39.5	131	62.8	63.1	181	85.9	86.9	231	109.3	110.8
82	40.5	39.9	132	63.2	63.5	182	86.4	87.4	232	109.8	111.3
83	41.0	40.4	133	63.7	64.0	183	86.8	87.9	233	110.2	111.8
84	41.4	40.9	134	64.1	64.5	184	87.3	88.3	234	110.7	112.2
85	41.9	41.3	135	64.6	65.0	185	87.8	88.8	235	111.2	112.7
86	42.3	41.8	136	65.1	65.4	186	88.2	89.3	236	111.6	113.2
87	42.8	42.3	137	65.5	65.9	187	88.7	89.8	237	112.1	113.7
88	43.2	42.7	138	66.0	66.4	188	89.2	90.2	238	112.6	114.1
89	43.7	43.2	139	66.4	66.9	189	89.6	90.7	239	113.0	114.6
90	44.1	43.7	140	66.9	67.3	190	90.1	91.2	240	113.5	115.1
91	44.6	44.1	141	67.4	67.8	191	90.6	91.7	241	114.0	115.6
92	45.0	44.6	142	67.8	68.3	192	91.0	92.2	242	114.4	116.1
93	45.5	45.1	143	68.3	68.8	193	91.5	92.6	243	114.9	116.5
94	45.9	45.6	144	68.7	69.3	194	92.0	93.1	244	115.4	117.0
95	46.4	46.0	145	69.2	69.7	195	92.4	93.6	245	115.9	117.5
96	46.8	46.5	146	69.7	70.2	196	92.9	94.1	246	116.3	118.0
97	47.3	47.0	147	70.1	70.7	197	93.4	94.5	247	116.8	118.5
98	47.7	47.4	148	70.6	71.2	198	93.8	95.0	248	117.3	118.9
99	48.2	47.9	149	71.0	71.6	199	94.3	95.5	249	117.7	119.4

TABLE 3 Kinematic Viscosity to Saybolt Furol Viscosity

Kin Vis. cSt	Equiv Say Furol Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Equiv Say Furol Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Equiv Say Furol Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Equiv Say Furol Vis. SFS	
	At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F
	At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F
250	118.2	119.9	300	141.7	143.8	350	165.2	167.8	400	188.8	191.7
251	118.7	120.4	301	142.2	144.3	351	165.7	168.2	401	189.3	192.2
252	119.1	120.8	302	142.6	144.8	352	166.2	168.7	402	189.7	192.7
253	119.6	121.3	303	143.1	145.3	353	166.6	169.2	403	190.2	193.2
254	120.1	121.8	304	143.6	145.7	354	167.1	169.7	404	190.7	193.6
255	120.5	122.3	305	144.0	146.2	355	167.6	170.2	405	191.1	194.1
256	121.0	122.8	306	144.5	146.7	356	168.1	170.6	406	191.6	194.6
257	121.5	123.2	307	145.0	147.2	357	168.5	171.1	407	192.1	195.1
258	122.0	123.7	308	145.5	147.7	358	169.0	171.6	408	192.6	195.6
259	122.4	124.2	309	145.9	148.1	359	169.5	172.1	409	193.0	196.0
260	122.9	124.7	310	146.4	148.6	360	169.9	172.6	410	193.5	196.5
261	123.4	125.2	311	146.9	149.1	361	170.4	173.0	411	194.0	197.0
262	123.8	125.6	312	147.3	149.6	362	170.9	173.5	412	194.4	197.5
263	124.3	126.1	313	147.8	150.0	363	171.4	174.0	413	194.9	197.9
264	124.8	126.6	314	148.3	150.5	364	171.8	174.5	414	195.4	198.4
265	125.2	127.1	315	148.8	151.0	365	172.3	174.9	415	195.8	198.9
266	125.7	127.5	316	149.2	151.5	366	172.8	175.4	416	196.3	199.4
267	126.2	128.0	317	149.7	152.0	367	173.2	175.9	417	196.8	199.9
268	126.7	128.5	318	150.2	152.4	368	173.7	176.4	418	197.3	200.4
269	127.1	129.0	319	150.6	152.9	369	174.2	176.9	419	197.7	200.9
270	127.6	129.5	320	151.1	153.4	370	174.6	177.3	420	198.2	201.4
271	128.1	129.9	321	151.6	153.9	371	175.1	177.8	421	198.7	201.9
272	128.5	130.4	322	152.0	154.4	372	175.6	178.3	422	199.1	202.4
273	129.0	130.9	323	152.5	154.8	373	176.1	178.8	423	199.6	202.9
274	129.5	131.4	324	153.0	155.3	374	176.5	179.3	424	200.1	203.4
275	129.9	131.9	325	153.5	155.8	375	177.0	179.7	425	200.6	203.9
276	130.4	132.3	326	153.9	156.3	376	177.5	180.2	426	201.1	204.4
277	130.9	132.8	327	154.4	156.7	377	177.9	180.7	427	201.6	204.9
278	131.4	133.3	328	154.9	157.2	378	178.4	181.2	428	202.1	205.4
279	131.8	133.8	329	155.3	157.7	379	178.9	181.7	429	202.6	205.9
280	132.3	134.2	330	155.8	158.2	380	179.4	182.1	430	203.1	206.4
281	132.8	134.7	331	156.3	158.7	381	179.8	182.6	431	203.6	206.9
282	133.2	135.2	332	156.8	159.1	382	180.3	183.1	432	204.1	207.4
283	133.7	135.7	333	157.2	159.6	383	180.8	183.6	433	204.6	207.9
284	134.2	136.2	334	157.7	160.1	384	181.2	184.1	434	205.1	208.4
285	134.6	136.6	335	158.2	160.6	385	181.7	184.5	435	205.6	208.9
286	135.1	137.1	336	158.6	161.1	386	182.2	185.0	436	206.1	209.4
287	135.6	137.6	337	159.1	161.5	387	182.7	185.5	437	206.6	209.9
288	136.1	138.1	338	159.6	162.0	388	183.1	186.0	438	207.1	210.4
289	136.5	138.6	339	160.0	162.5	389	183.6	186.4	439	207.6	210.9
290	137.0	139.0	340	160.5	163.0	390	184.1	186.9	440	208.1	211.4
291	137.5	139.5	341	161.0	163.5	391	184.5	187.4	441	208.6	211.9
292	137.9	140.0	342	161.5	163.9	392	185.0	187.9	442	209.1	212.4
293	138.4	140.5	343	161.9	164.4	393	185.5	188.4	443	209.6	212.9
294	138.9	140.9	344	162.4	164.9	394	186.0	188.8	444	210.1	213.4
295	139.3	141.4	345	162.9	165.4	395	186.4	189.3	445	210.6	213.9
296	139.8	141.9	346	163.3	165.8	396	186.9	189.8	446	211.1	214.4
297	140.3	142.4	347	163.8	166.3	397	187.4	190.3	447	211.6	214.9
298	140.8	142.9	348	164.3	166.8	398	187.8	190.8	448	212.1	215.4
299	141.2	143.3	349	164.8	167.3	399	188.3	191.2	449	212.6	215.9

Kin Vis. cSt	Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Vis. SFS		Kin Vis. cSt	Vis. SFS			
	At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F	At 122°F	At 210°F
	At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F		At 122°F	At 210°F	At 122°F	At 210°F
450	212	216	500	236	240	550	259	264	600	283	288	650	307	311	700	330	335	750	354	359	800	377	383		
451	213	216	501	236	240	551	260	264	601	284	288	651	307	312	701	331	336	751	354	360	801	378	384		
452	213	217	502	237	241	552	260	265	602	284	288	652	308	312	702	331	336	752	355	360	801	379	385		
453	214	217	503	237	241	553	261	265	603	284	289	653	308	313	703	332	337	753	355	361	806	380	386		
454	214	218	504	238	242	554	261	265	604	285	289	654	309	313	704	332	337	754	356	361	808	381	387		
455	215	218	505	238	242	555	262	266	605	285	290	655	309	314	705	333	338	755	356	362	810	382	388		
456	215	219	506	239	242	556	262	266	606	286	290	656	309	314	706	333	338	756	357	362	812	383	389		
457	216	219	507	239	243	557	263	267	607	286	291	657	310	315	707	334	339	757	357	363	814	384	390		
458	216	220	508	240	243	558	263	267	608	287	291	658	310	315	708	334	339	758	358	363	816	385	391		
459	217	220	509	240	244	559	264	268	609	287	292	659	311	316	709	334	340	759	358	364	818	386	392		
460	217	220	510	241	244	560	264	268	610	288	292	660	311	316	710	335	340	760	359	364	820	387	393		
461	218	221	511	241	245	561	265	269	611	288	293	661	312	317	711	335	341	761	359	365	822	388	394		
462	218	221	512	242	245	562	265	269	612	289	293	662	312	317	712	336	341	762	359	365	824	389	395		
463	218	222	513	242	246	563	266	270	613	289	294	663	313	318	713	336	342	763	360	366	826	390	396		
464	219	222	514	243	246	564	266	270	614	290	294	664	313	318	714	337	342	764	360	366	828	391	397		
465	219	223	515	243	247	565	267	271	615	290	295	665	314	319	715	337	343	765	361	367	830	392	398		
466	220	223	516	243	247	566	267	271	616	291	295	666	314	319	716	338	343	766	361	367	832	392	399		
467	220	224	517	244	248	567	268	272	617	291	296	667	315	320	717	338	344	767	362	368	834	393	400		
468	221	224	518	244	248	568	268	272	618	292	296	668	315	320	718	339	344	768	362	368	836	394	401		
469	221	225	519	245	249	569	268	273	619	292	297	669	316	321	719	339	345	769	363	369	838	395	402		
470	222	225	520	245	249	570	269	273	620	292	297	670	316	321	720	340	345	770	363	369	840	396	403		
471	222	226	521	246	250	571	269	274	621	293	298	671	317	322	721	340	346	771	364	369	842	397	403		
472	223	226	522	246	250	572	270	274	622	293	298	672	317	322	722	341	346	772	364	370	844	398	404		
473	223	227	523	247	251	573	270	275	623	294	299	673	317	323	723	341	346	773	365	370	846	399	405		
474	224	227	524	247	251	574	271	275	624	294	299	674	318	323	724	342	347	774	365	371	848	400	406		
475	224	228	525	248	252	575	271	276	625	295	300	675	318	323	725	342	347	775	366	371	850	401	407		
476	225	228	526	248	252	576	272	276	626	295	300	676	319	324	726	342	348	776	366	372	852	402	408		
477	225	229	527	249	253	577	272	277	627	296	300	677	319	324	727	343	348	777	367	372	854	403	409		
478	226	229	528	249	253	578	273	277	628	296	301	678	320	325	728	343	349	778	367	373	856	404	410		
479	226	230	529	250	254	579	273	277	629	297	301	679	320	325	729	344	349	779	367	373	858	405	411		
480	226	230	530	250	254	580	274	278	630	297	302	680	321	326	730	344	350	780	368	374	860	406	412		
481	227	231	531	251	254	581	274	278	631	298	302	681	321	326	731	345	350	781	368	374	862	407	413		
482	227	231	532	251	255	582	275	279	632	298	303	682	322	327	732	345	351	782	369	375	864	408	414		
483	228	231	533	251	255	583	275	279	633	299	303	683	322	327	733	346	351	783	369	375	866	409	415		
484	228	232	534	252	256	584	276	280	634	299	304	684	323	328	734	346	352	784	370	376	868	409	416		
485	229	232	535	252	256	585	276	280	635	300	304	685	323	328	735	347	352	785	370	376	870	410	417		
486	229	233	536	253	257	586	276	281	636	300	305	686	324	329	736	347	353	786	371	377	872	411	418		
487	230	233	537	253	257	587	277	281	637	301	305	687	324	329	737	348	353	787	371	377	874	412	419		
488	230	234	538	254	258	588	277	282	638	301	306	688	325	330	738	348	354	788	372	378	876	413	420		
489	231	234	539	254	258	589	278	282	639	301	306	689	325	330	739	349	354	789	372	378	878	414	421		
490	231	235	540	255	259	590	278	283	640	302	307	690	326	331	740	349	355	790	373	379	880	415	422		
491	232	235	541	255	259	591	279	283	641	302	307	691	326	331	741	350	355	791	373	379	882	416	423		
492	232	236	542	256	260	592	279	284	642	303	308	692	326	332	742	350	356	792	374	380	884	417	424		
493	233	236	543	256	260	593	280	284	643	303	308	693	327	332	743	351	356	793	374	380	886	418	425		
494	233	237	544	257	261	594	280	285	644	304	309	694	327	333	744	351	357	794	375	380	888	419	426		
495	234	237	545	257	261	595	281	285	645	304	309	695	328	333	745	351	357	795	375	381	890	420	426		
496	234	238	546	258	262	596	281	286	646	305	310	696	328	334	746	352	357	796	375	381	892	421	427		
497	234	238	547	258	262	597	282	287	647	305	310	697	329	334	747	352	358	797	376	382	894	422	428		
498	235	239	548	259	263	598	282	287	648	306	311	698	329	334	748	353	358	798	376	382	896	423	429		
499	235	239	549	259	263	599	283	287	649	306	311	699	330	335	749	353	359	799	377	383	898	424	430		

HEAT OF COMBUSTION OF FUEL OILS AND PETROLEUM FRACTIONS

20500

20000

19500

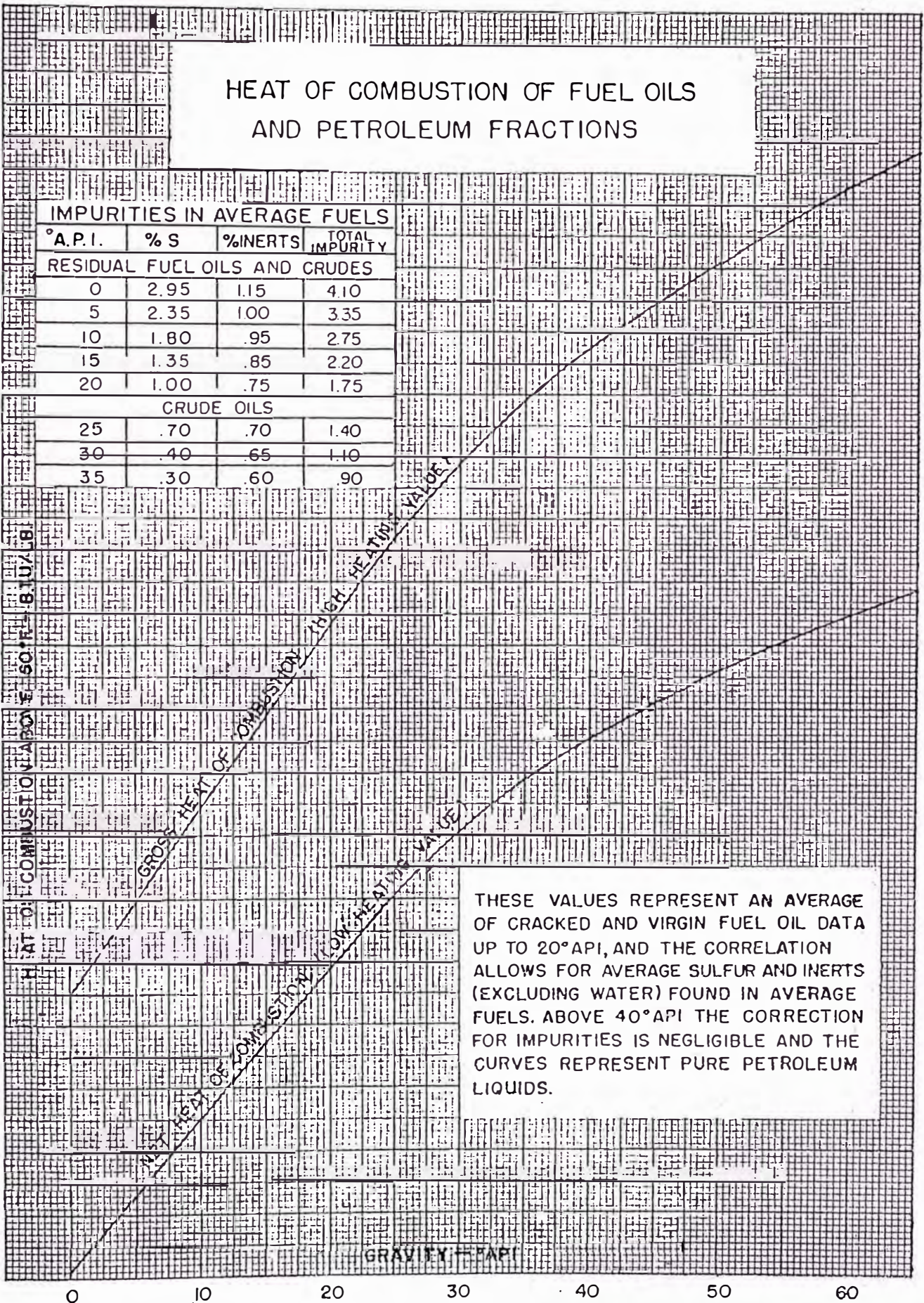
19000

18500

18000

17500

17000



IMPURITIES IN AVERAGE FUELS			
°A.P.I.	% S	% INERTS	TOTAL IMPURITY
RESIDUAL FUEL OILS AND CRUDES			
0	2.95	1.15	4.10
5	2.35	1.00	3.35
10	1.80	.95	2.75
15	1.35	.85	2.20
20	1.00	.75	1.75
CRUDE OILS			
25	.70	.70	1.40
30	.40	.65	1.10
35	.30	.60	.90

THESE VALUES REPRESENT AN AVERAGE OF CRACKED AND VIRGIN FUEL OIL DATA UP TO 20°API, AND THE CORRELATION ALLOWS FOR AVERAGE SULFUR AND INERTS (EXCLUDING WATER) FOUND IN AVERAGE FUELS. ABOVE 40°API THE CORRECTION FOR IMPURITIES IS NEGLIGIBLE AND THE CURVES REPRESENT PURE PETROLEUM LIQUIDS.

GRAVITY - °API

FIGURE 14B1.3
 HEAT AVAILABLE
 FROM COMBUSTION
 OF API FUEL OIL
 TECHNICAL DATA BOOK
 October 1964
 Approved: MRF & WGB

GROSS HEAT = 17700
 NET HEAT = 16800

NOTE: See Comments on Back
 of Figure 14B1.7

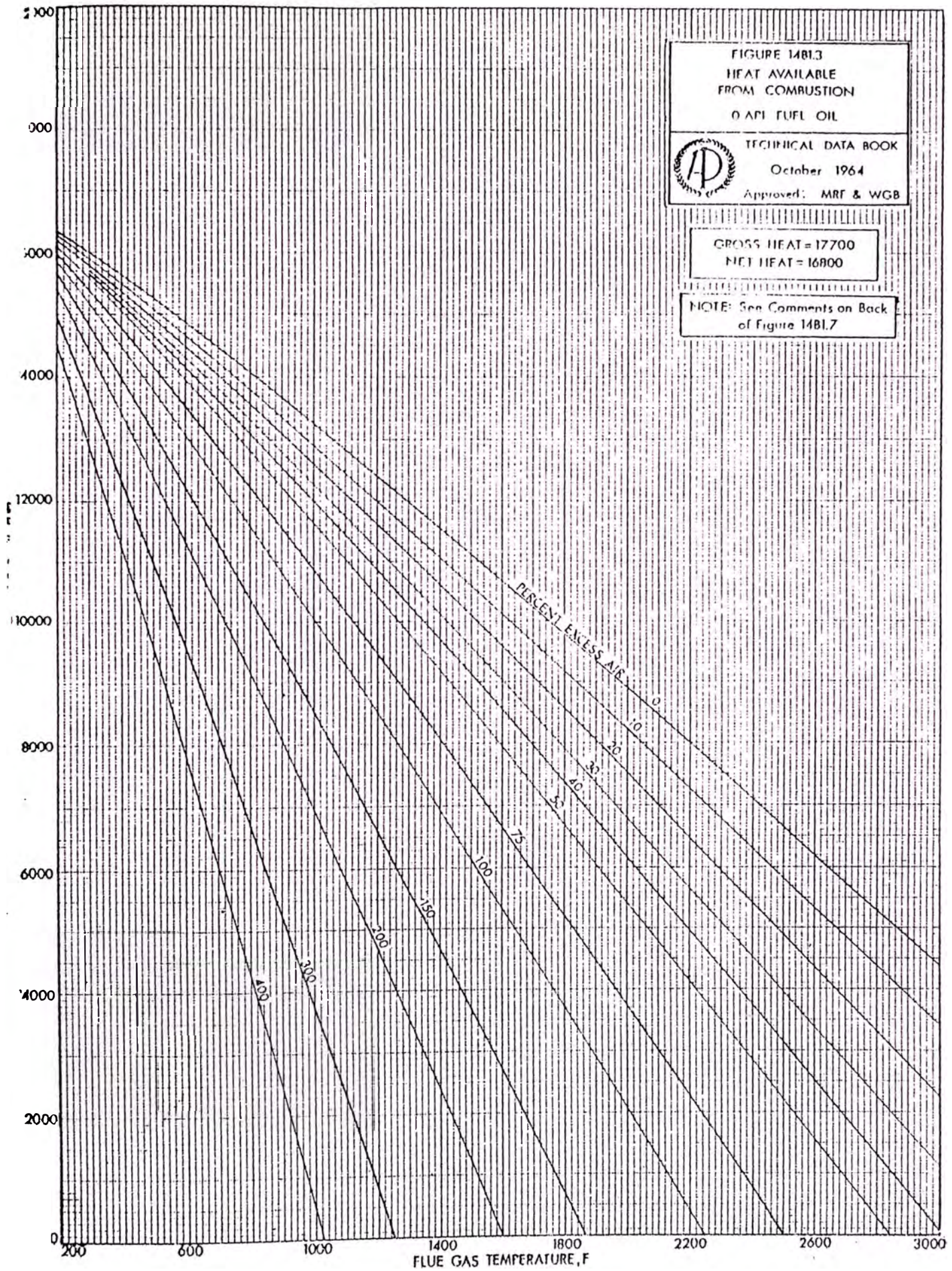
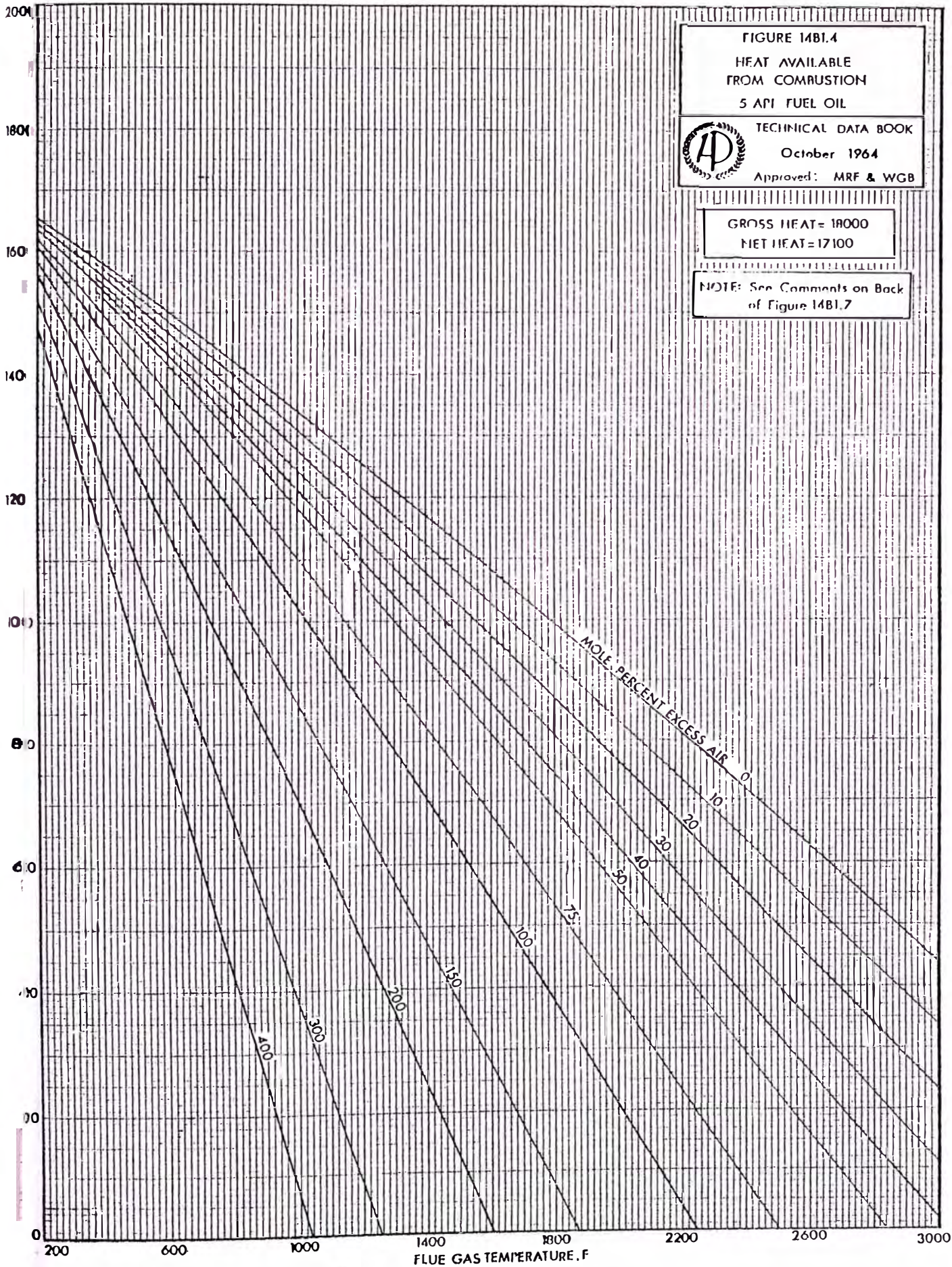


FIGURE 14B1.4
 HEAT AVAILABLE
 FROM COMBUSTION
 5 API FUEL OIL

TECHNICAL DATA BOOK
 October 1964
 Approved: MRF & WGB

GROSS HEAT = 18000
 NET HEAT = 17100

NOTE: See Comments on Back
 of Figure 14B1.7



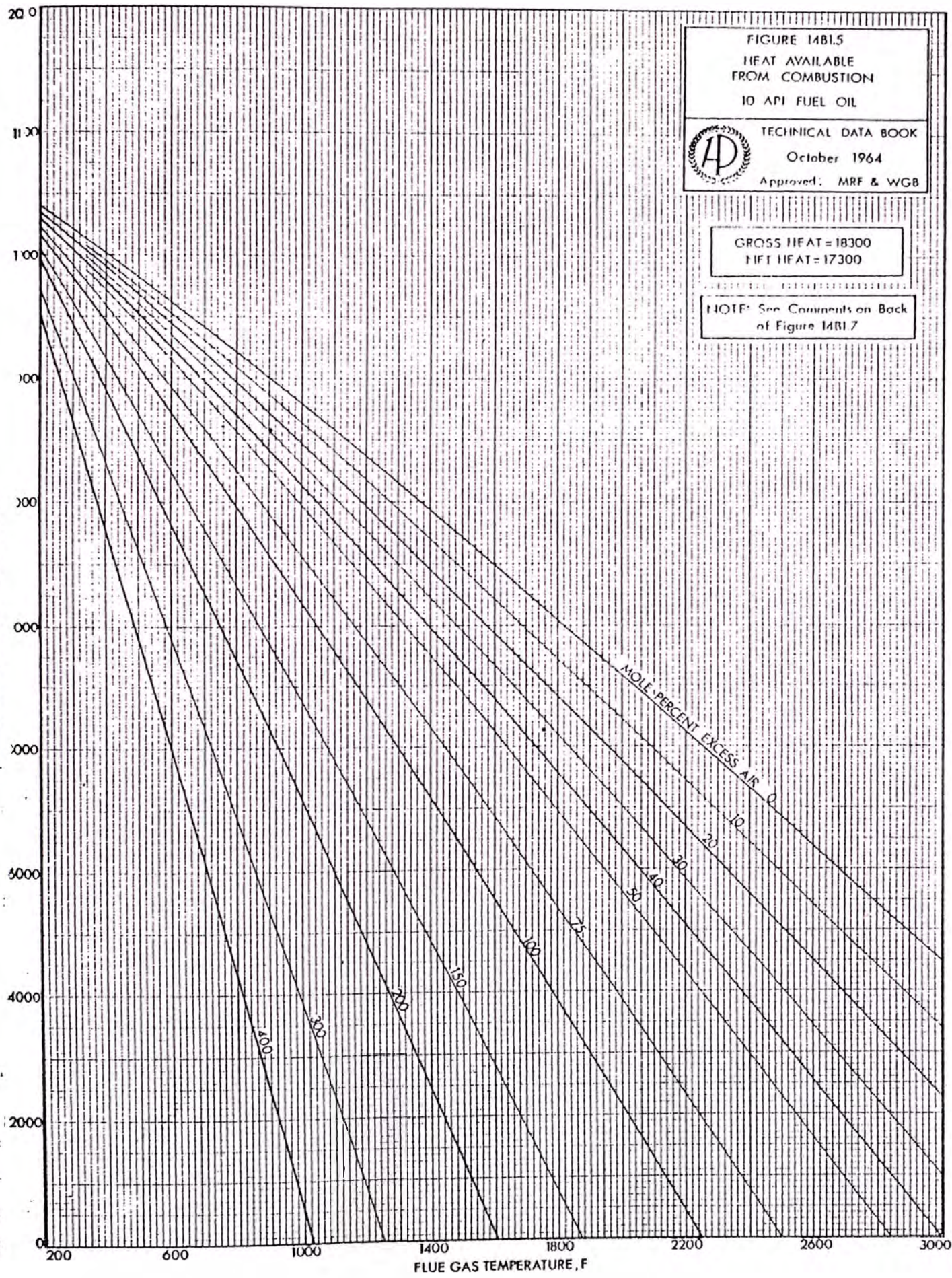


FIGURE 14B1.5
 HEAT AVAILABLE
 FROM COMBUSTION
 10 API FUEL OIL

TECHNICAL DATA BOOK
 October 1964
 Approved: MRF & WGB

GROSS HEAT=18300
 NET HEAT=17300

NOTE: See Comments on Back
 of Figure 14B1.7

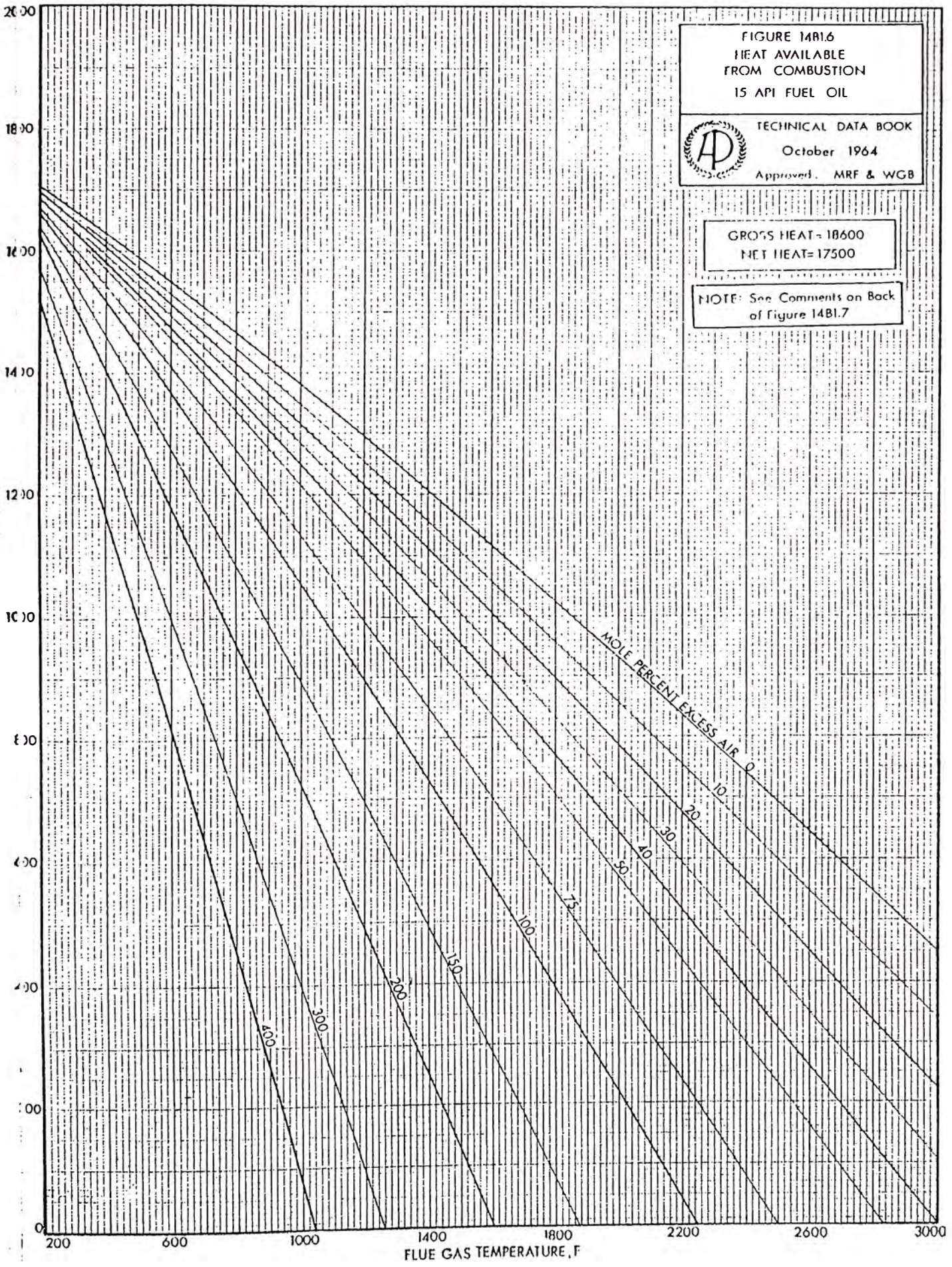


FIGURE 14B1.6
HEAT AVAILABLE
FROM COMBUSTION
15 API FUEL OIL



TECHNICAL DATA BOOK
October 1964
Approved: MRF & WGB

GROSS HEAT = 18600
NET HEAT = 17500

NOTE: See Comments on Back
of Figure 14B1.7

HEAT AVAILABLE ABOVE 500° F

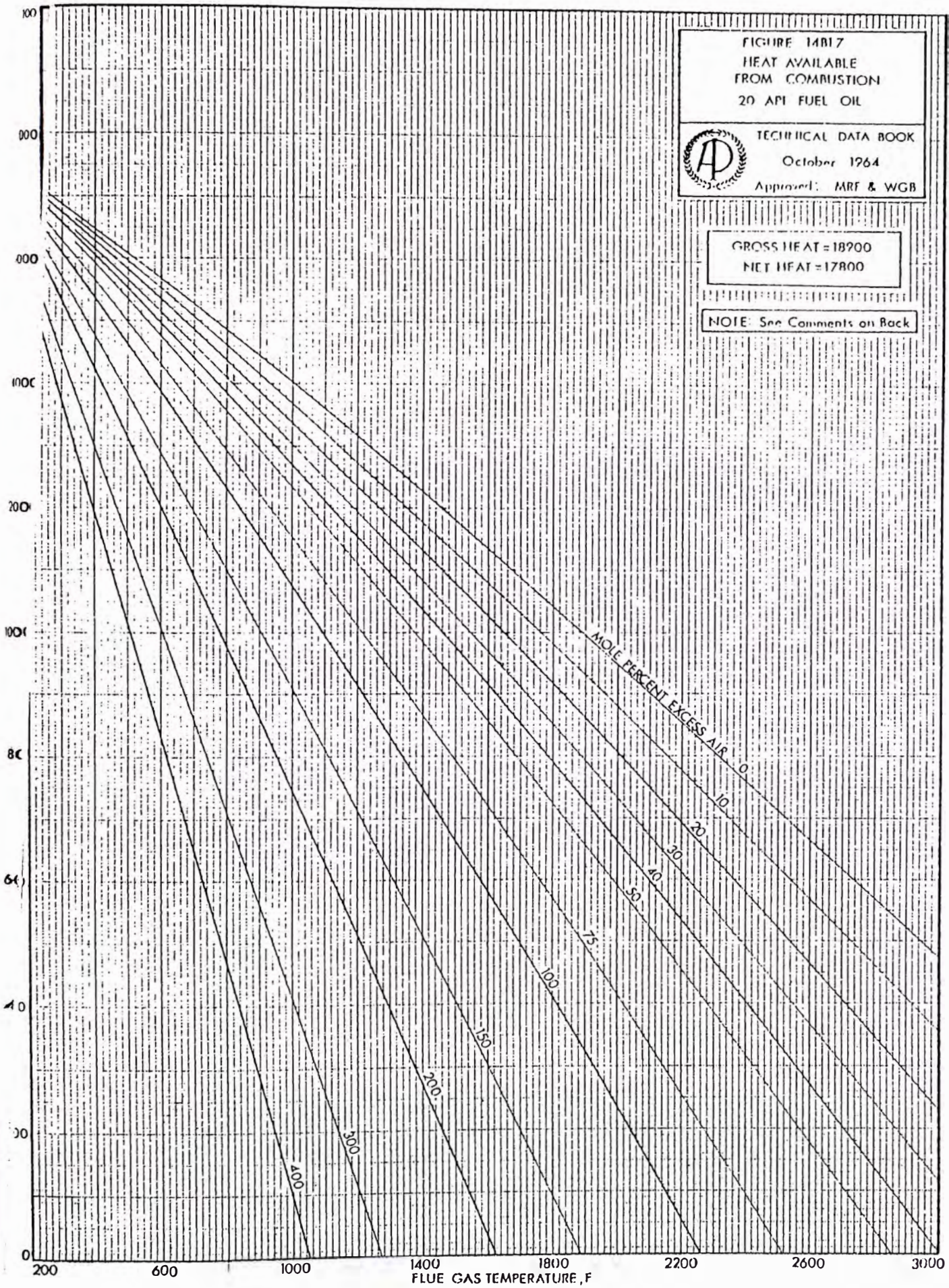
FLUE GAS TEMPERATURE, °F

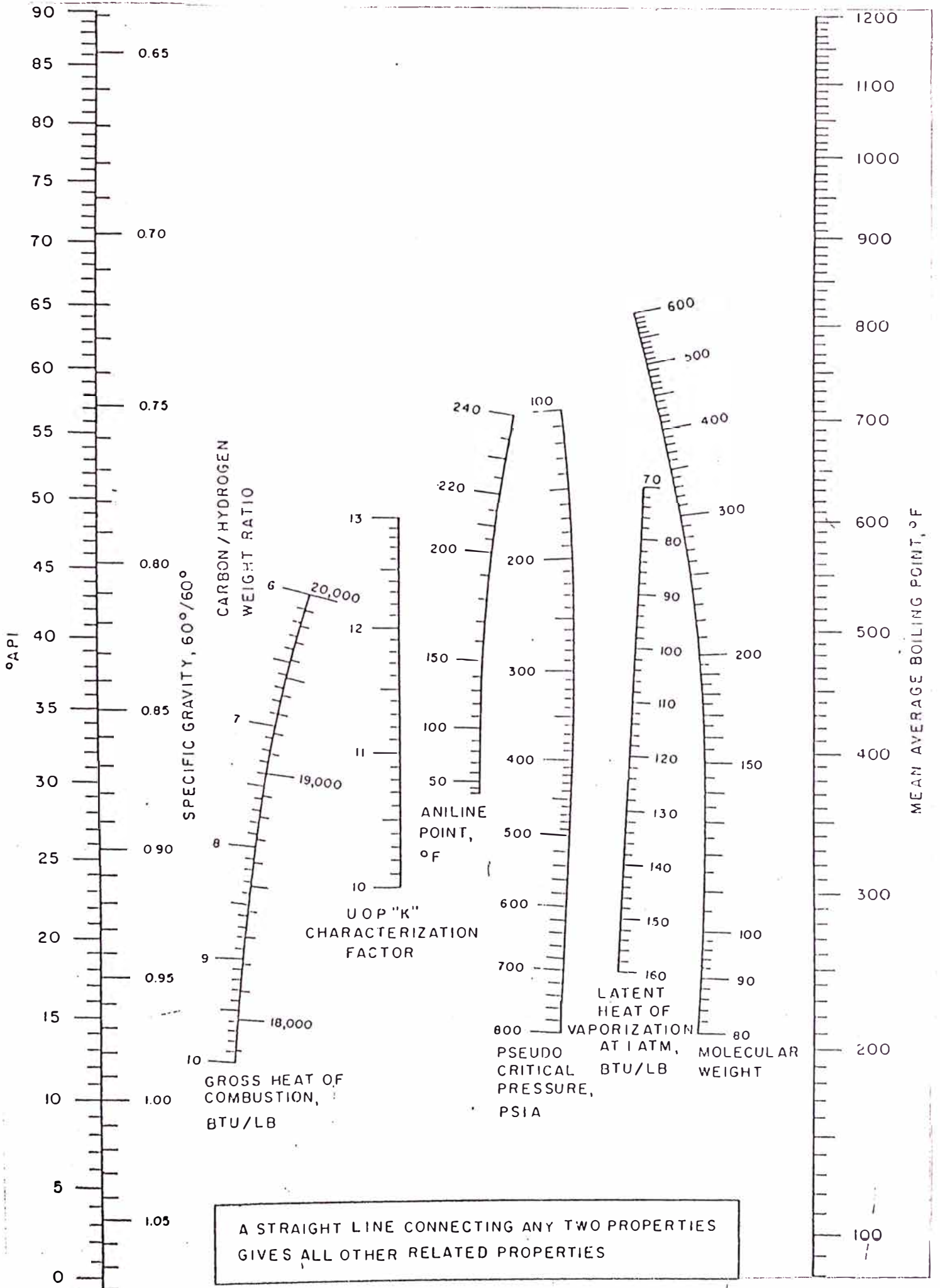
FIGURE 14B17
 HEAT AVAILABLE
 FROM COMBUSTION
 20 API FUEL OIL

TECHNICAL DATA BOOK
 October 1964
 Approved: MRF & WGB

GROSS HEAT = 18200
 NET HEAT = 17800

NOTE: See Comments on Back





Punto de Inflamación °F	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	168,000	157,000	147,000	137,000	128,000	120,000	112,000	105,000	98,600	92,400
10	86,600	81,200	76,100	71,400	67,000	62,900	59,000	55,400	52,100	49,000
20	46,000	43,300	40,700	38,300	36,100	34,000	32,000	30,100	28,400	26,800
30	25,200	23,800	22,400	21,200	20,000	18,900	17,800	16,800	15,900	15,000
40	14,200	13,500	12,700	12,000	11,400	10,800	10,200	9,680	9,170	8,690
50	8,240	7,810	7,410	7,030	6,670	6,330	6,010	5,700	5,420	5,150
60	4,890	4,650	4,420	4,200	4,000	3,800	3,620	3,441	3,280	3,120
70	2,970	2,830	2,700	2,570	2,450	2,330	2,230	2,120	2,020	1,930
80	1,840	1,760	1,680	1,600	1,530	1,460	1,400	1,340	1,280	1,220
90	1,170	1,120	1,070	1,020	978	935	896	857	821	786
100	753	722	692	662	635	609	584	560	537	515
110	495	475	456	438	420	404	388	372	358	344
120	331	318	305	294	283	272	261	252	242	233
130	224	216	208	200	193	186	179	172	166	160
140	154	149	144	138	134	129	124	120	116	112
150	108	104	101	97.1	93.8	90.6	87.5	84.6	81.7	79.0
160	76.3	73.8	71.4	69.0	66.7	64.5	62.4	60.4	58.4	56.5
170	54.7	52.9	51.3	49.6	48.0	46.5	45.1	43.6	42.3	40.9
180	39.7	38.4	37.3	36.1	35.0	33.9	32.9	31.9	30.9	30.0
190	29.1	28.2	27.4	26.6	25.8	25.0	24.3	23.6	22.9	22.2
200	21.6	20.9	20.3	19.7	19.2	18.6	18.1	17.6	17.1	16.6
210	16.1	15.7	15.2	14.8	14.4	14.0	13.6	13.3	12.9	12.5
220	12.2	11.9	11.6	11.2	10.9	10.6	10.4	10.1	9.82	9.56
230	9.31	9.07	8.83	8.60	8.37	8.16	7.95	7.74	7.55	7.35
240	7.16	6.98	6.80	6.63	6.47	6.30	6.15	5.99	5.84	5.70
250	5.56	5.42	5.29	5.16	5.03	4.91	4.79	4.68	4.56	4.45
260	4.35	4.24	4.14	4.04	3.95	3.86	3.76	3.68	3.59	3.51
270	3.43	3.35	3.27	3.19	3.12	3.05	2.98	2.91	2.85	2.78
280	2.72	2.66	2.60	2.54	2.48	2.43	2.37	2.32	2.27	2.22
290	2.17	2.12	2.08	2.03	1.99	1.95	1.90	1.86	1.82	1.79

Punto de inflamación °F	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
300	1.75	1.41	1.15	0.943	0.777	0.643	0.535	0.448	0.376	0.317
400	0.269	0.229	0.196	0.168	0.145	0.125	0.108	0.094	0.082	0.072
500	0.063	0.056	0.049	0.044	0.039	0.035	0.031	0.028	0.025	0.022

Ejemplo:	Componente	Volumen	Punto de inflamación °F	Indice de mezclado	Volumen X Indice de mezclado
	A	0.30	100	753	226
	B	0.10	90	1,170	117
	C	0.60	130	224	134
	Total	1.00	111	477	477

Factores de Viscosidad Cinemática (cSt)

Factores de Viscosidad Universal Saybolt (SUS)

cSt	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,1	-500	-470	-443	-419	-398	-379	-361	-345	-330	-316
0,2	-304	-292	-281	-270	-260	-251	-242	-234	-228	-218
0,3	-211	-204	-198	-191	-185	-179	-174	-168	-163	-158
0,4	-153	-148	-144	-139	-135	-131	-127	-123	-119	-115
0,5	-112	-108	-105	-101	-98	-95	-92	-89	-86	-83
0,6	-80	-77	-74	-72	-69	-66	-64	-62	-59	-57
0,7	-54	-52	-50	-48	-46	-44	-41	-39	-37	-35
0,8	-33	-32	-30	-28	-26	-24	-22	-21	-19	-17
0,9	-16	-14	-12	-11	-9	-8	-6	-5	-4	-3

SUS	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
22	79	81	83	85	87	88	90	92	94	95
23	97	98	100	102	103	105	106	108	109	111
24	112	113	115	116	117	119	120	121	123	124
25	125	126	128	129	130	131	132	133	135	136
26	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146
27	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156
28	158	157	158	159	160	161	162	163	164	164
29	165	165	167	167	168	169	170	171	171	172

	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
1	000	014	026	037	046	055	064	071	078	085
2	091	097	102	108	112	117	122	128	130	134
3	137	141	144	147	150	154	156	159	162	165
4	167	170	172	174	177	179	181	183	185	187
5	189	191	193	194	196	198	200	201	203	204
6	206	208	209	210	212	213	215	216	217	218
7	220	221	222	224	225	226	227	228	229	230
8	231	232	234	235	236	237	238	238	239	240
9	241	242	243	244	245	246	247	248	248	249

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
40	173	180	186	192	198	203	208	212	216	220
50	224	228	231	234	237	240	243	245	248	250
60	252	255	257	259	261	262	264	266	268	269
70	271	272	274	276	277	278	280	281	282	283
80	285	289	290	291	292	293	294	295	296	297
90	298	299	299	299	299	300	301	302	302	303

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	250	258	265	271	276	282	286	291	295	299
20	302	306	309	312	315	318	320	323	325	328
30	330	332	334	336	338	340	342	343	345	347
40	348	350	351	352	354	355	357	358	359	360
50	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371
60	372	373	374	375	376	377	378	378	379	380
70	381	382	382	383	384	385	385	386	387	388
80	388	389	390	390	391	391	392	393	393	394
90	394	395	396	396	397	397	398	399	399	400

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	304	312	318	324	329	334	338	342	346	349
200	352	355	358	361	363	366	368	370	372	374
300	376	378	380	382	383	385	386	388	389	391
400	392	393	395	396	397	398	399	400	401	402
500	404	405	406	407	408	409	410	410	411	412
600	413	414	415	416	416	417	418	418	419	420
700	421	421	422	423	423	424	425	425	426	426
800	427	428	428	429	429	430	430	431	432	432
900	433	433	434	434	435	435	436	436	437	437

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
100	400	405	409	413	417	420	424	426	429	432
200	434	436	438	440	442	444	446	448	449	451
300	452	454	455	456	458	459	460	461	462	463
400	464	466	467	468	468	469	470	471	472	473
500	474	474	475	476	477	477	478	479	480	480
600	481	481	482	483	483	484	484	485	486	486
700	487	487	488	488	489	489	490	490	491	491
800	492	492	493	493	494	494	495	495	496	496
900	496	497	497	497	498	498	498	499	499	500

	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1000	438	442	446	449	452	455	458	461	463	465
2000	468	470	471	473	475	477	478	480	481	482
3000	484	485	485	487	488	490	491	492	493	494
4000	495	496	496	497	498	499	500	501	501	502
5000	503	503	504	505	506	507	507	508	508	509
6000	509	510	510	511	511	512	512	513	513	514
7000	514	515	515	516	516	517	517	518	518	519
8000	519	519	520	520	521	521	521	522	522	522
9000	523	523	524	524	524	525	525	525	525	526

	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
1000	500	503	506	509	512	514	516	518	520	522
2000	524	526	527	528	530	531	532	534	535	536
3000	537	539	539	540	541	542	542	543	544	545
4000	546	546	547	548	548	549	550	550	551	552
5000	552	553	553	554	554	555	555	556	556	557
6000	557	558	558	559	559	560	560	561	561	561
7000	562	562	562	563	563	564	564	564	565	565
8000	565	566	566	566	567	567	567	568	568	568
9000	569	569	569	570	570	570	570	571	571	571

	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
10000	526	529	532	535	537	539	541	543	545	548
20000	548	549	551	552	553	554	555	556	558	559
30000	560	560	561	562	563	564	565	566	567	567
40000	567	568	569	569	570	571	571	572	572	573
50000	573	574	574	575	575	576	576	577	577	578
60000	578	579	579	579	580	580	581	581	581	582

	0	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000
10000	571	574	576	578	580	582	584	585	586	588
20000	589	590	591	592	594	594	595	596	597	598
30000	599	600	600	601	602	602	603	604	604	605
40000	605	606	606	607	608	608	608	609	609	610
50000	610	611	611	612	612	612	613	613	614	614
60000	614	615	615	615	616	616	616	617	617	617

Los factores se cambian linealmente por volumen a la misma temperatura:

Componente	Vol. %	Viscosidad	Factor	Factor x Vol. %
A	50	470 SUS @ 50°C	401	200,5
B	30	95 SUS @ 50°C	300	90,0
C	20	5,6 cSt @ 50°C	200	40,0
Mezcla	100	143 SUS @ 50°C		330,5
		30,25 cSt @ 50°C		

CUADRO 21A: Resultado de análisis para el Petróleo Ind. Nro. 4**Formulación: 70% Diesel 2 + 30% Petróleo Ind. Nro. 6**

CARACTERÍSTICAS	(1)	(2)	(3)	(4)
Gravedad Específica a 60° F	0.8972	08989	0.9024	0.8995
Gravedad API a 60° F	26.2	25.9	25.3	25.8
Punto de inflamación, ° C	65	68	68	66
Viscosidad, cst, a 100° F	16.3	20.1	19.4	18.6
Cenizas, % Masa	-	-	-	-
Agua y Sedimentos, % Vol.	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Poder Calorifico Superior, BTU/galón	143,293	143,670	143,823	144,101

CUADRO 21B: Resultado de análisis para el Sustituto del P. Ind. Nro. 4**Formulación: 50% Kerosene + 50% Petróleo Ind. Nro. 6**

CARACTERÍSTICAS	(1)	(2)	(3)	(4)
Gravedad Específica a 60° F	0.8984	08984	0.8978	0.8989
Gravedad API a 60° F	26.0	26.0	26.1	25.9
Punto de inflamación, ° C	60	58	62	60
Viscosidad, cst, a 100° F	20.6	21.3	21.1	20.1
Cenizas, % Masa	-	-	-	-
Agua y Sedimentos, % Vol.	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Poder Calorifico Superior, BTU/galón	143,170	143,170	143,205	143,870

(1),(2) y (3), Desarrollado en el laboratorio de la Empresa Comercializadora de Petróleo. Emcopesa.

(4) Desarrollado en el laboratorio de la UNI- LONPD

(*) En el laboratorio de la Empresa Comercializadora de Petróleos se determinó el Poder Calorifico Superior graficamente.

CUADRO 22A: Resultado de análisis para el Petróleo Ind. Nro. 5**Formulación: 30% Diesel 2 + 70% Petróleo Ind. Nro. 6**

CARACTERÍSTICAS	(1)	(2)	(3)	(4)
Gravedad Específica a 60° F	0.9212	0.9224	0.9260	0.9296
Gravedad API a 60° F	22.1	21.9	21.3	20.7
Punto de inflamación, ° C	86	67	71	73
Viscosidad, cst, a 100° F	122	137	174	140
Viscosidad, cst, a 122° F	64	58	75	52
Viscosidad, cst, a 140° F	52	44	55	39
Cenizas, % Masa	-	-	-	-
Agua y Sedimentos, % Vol.	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Poder Calorífico Superior, BTU/galón	145,685	145,592	146,042	146,370

CUADRO 22B: Resultado de análisis para el Sustituto del P. Ind. Nro. 5**Formulación: 21% Kerosene + 79% Petróleo Ind. Nro. 6**

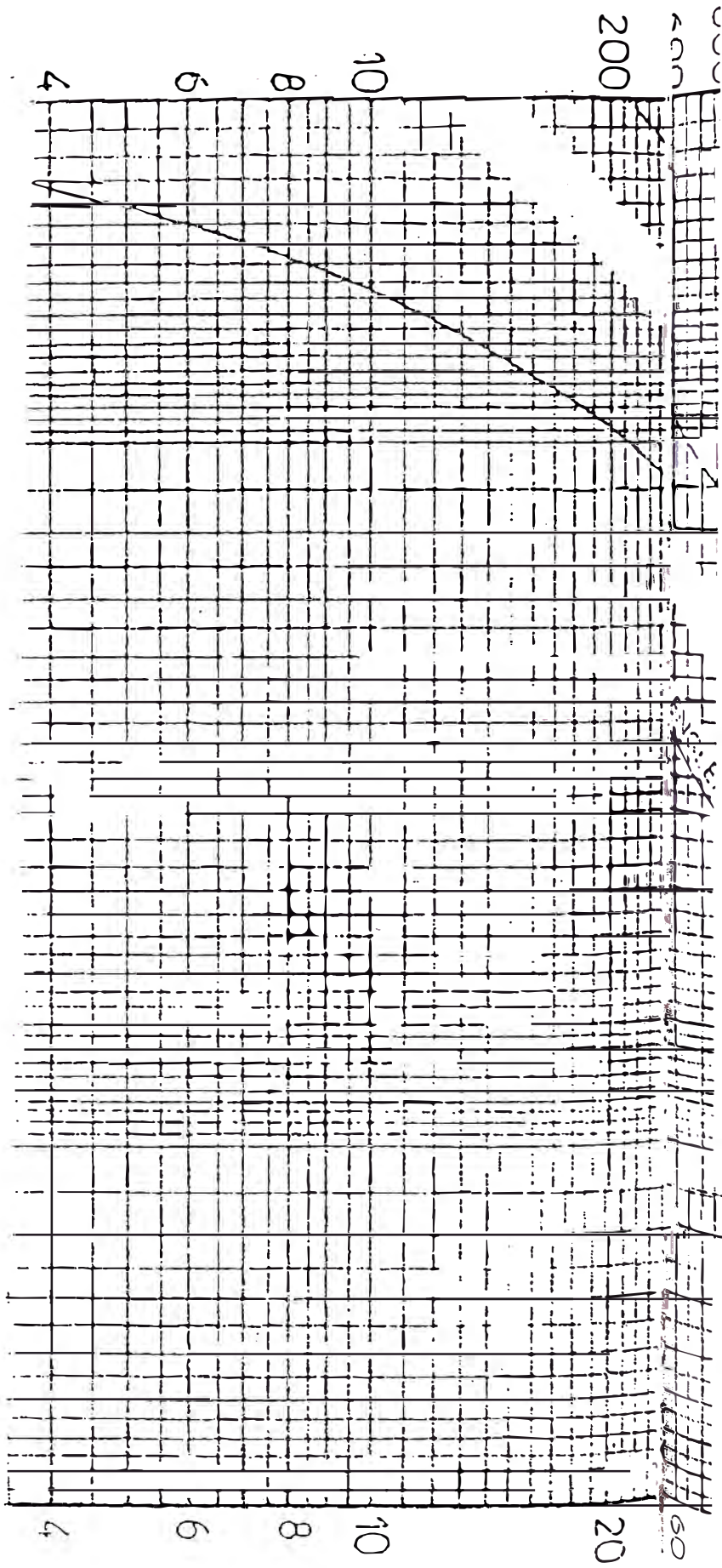
CARACTERÍSTICAS	(1)	(2)	(3)	(4)
Gravedad Específica a 60° F	0.9346	0.9242	0.9200	0.9218
Gravedad API a 60° F	19.9	21.6	22.3	22.0
Punto de inflamación, ° C	72	59	59	64
Viscosidad, cst, a 100° F	140	161	158	154
Viscosidad, cst, a 122° F	56	69	71	75
Viscosidad, cst, a 140° F	37	46	46	43
Cenizas, % Masa	-	-	-	-
Agua y Sedimentos, % Vol.	Trazas	Trazas	Trazas	Trazas
Poder Calorífico Superior, BTU/galón	146,854	145,671	145,606	145,787

(1),(2) y (3), Desarrollado en el laboratorio de la Empresa Comercializadora de Petróleo. Emcopesa.

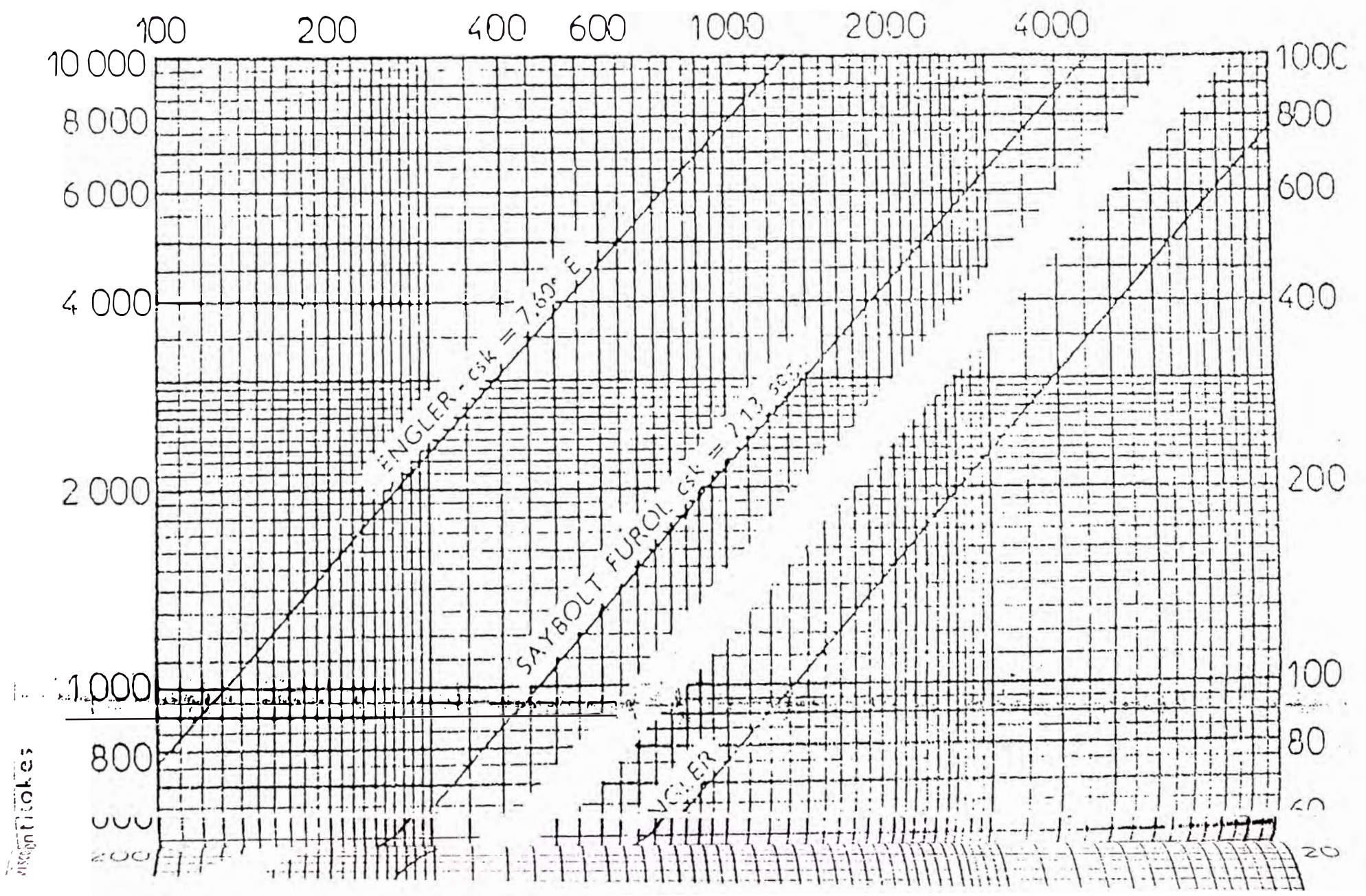
(4) Desarrollado en el laboratorio de la UNI- LONPD

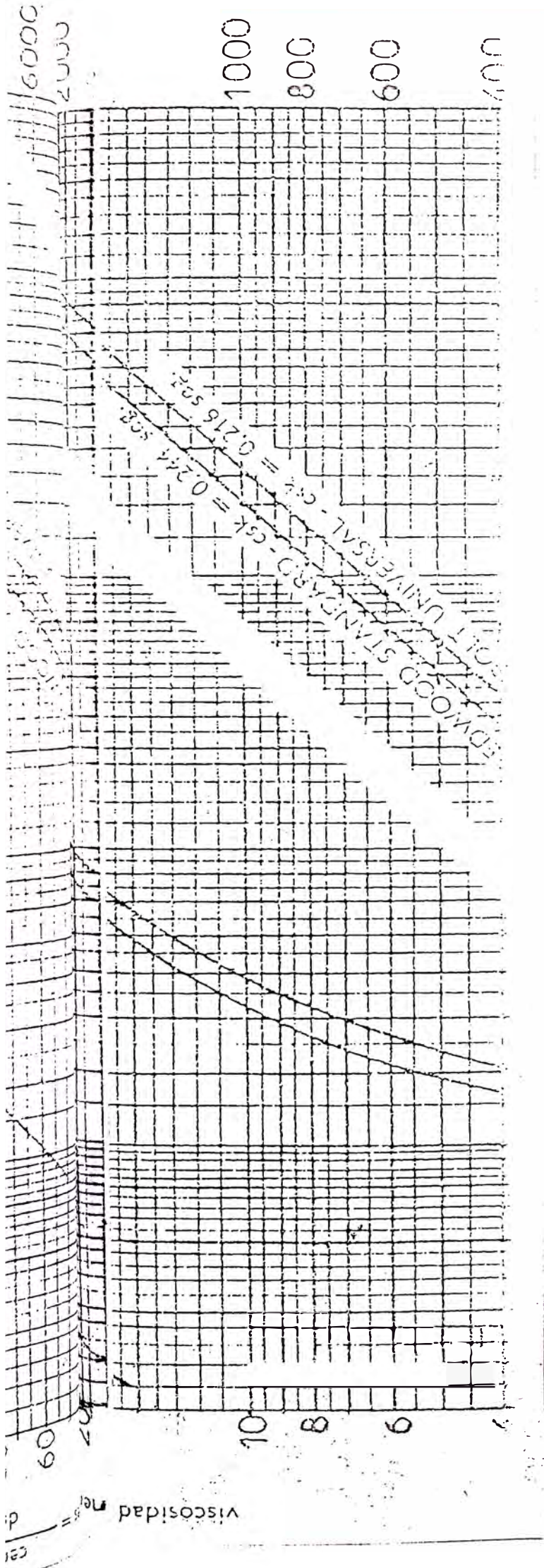
(*) En el laboratorio de la Empresa Comercializadora de Petróleos se determinó el Poder Calorífico Superior graficamente.

viscosity stoke



grados Engler o segundos Furol







GLOBE INDUSTRIAL S.A.

Germán Schreiber 175
5to. piso,
San Isidro - Lima
Telf.: 440-2115 - 442-9762
FAX: (51-14) 426138

426/97

San Isidro, 4 de Setiembre de 1997

Att. Sr. José Asmat
Presente.-

Estimados señores:

Por medio de la presente les hacemos llegar nuestra cotización por los siguientes productos:

Producto	Precio Unit.
RAM 900BR	US\$ 16.00 x Gln.
RAM 900D	US\$ 12.73 x Gln.
	+ 18% I.G.V.

FORMA DE PAGO	A tratar
VALIDEZ DE OFERTA:	15 días
ENTREGA	Inmediata

Asimismo, le envió las respectivas hojas técnicas.
A la espera de vuestra amable respuesta, quedamos de ustedes.
Atentamente,

Ricardo Juan Vega Ganoza
Jefe Area Alimentos y Bebidas

**RAM 900 D
ADITIVO PARA COMBUSTIBLE DIESEL**

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

RAM 900 D, es un tratamiento de acción sinérgica para los combustibles diesel, usado para evitar corrosión y acumulación de lodos provenientes de gomas y lacas contenidas en estos tipos de combustibles, el uso de RAM 900 D provee también de una mejor combustión disminuyendo la formación de carbón y hollín.

CARACTERÍSTICAS:

RAM 900 D, protege a los combustibles 1 y 2 de la degradación y oxidación en almacenamiento, aún cuando estos sean llevados en el tanque del mismo vehículo o equipo. es necesario indicar que los combustibles se degradan por agitación y estancamiento a la vez.

RAM 900 D, contiene sales de magnesio que actúan sobre los compuestos de vanadio y sodio minimizando el ataque corrosivo que estos elementos generan sobre equipos, simultáneamente actúa sobre la formación de las sales de azufre evitando la formación de ácidos.

VENTAJAS:

- Líquido no abrasivo
- Inhibe la oxidación de gomas y lacas permitiendo que estas entren en combustión.
- Mantiene limpio los filtros, quemadores y circuitos por donde circula el combustible.
- Permite mantener limpios los sistemas de inyección y carburación de motores automotrices y estacionarias.
- Mejora la transferencia de calor al mantener limpios los circuitos.
- Elimina las formaciones vitrosas de vanadio y sodio.
- Reduce la concentración del trióxido de azufre y previene de corrosión a los equipos en la salida de los gases de combustión.

METODO DE USO:

RAM 900 D, se utiliza cuando la quema de los combustibles diesel generan problemas de corrosión taponamiento y deficiente combustión.

RAM 900 D, se aplica directamente al tanque, de preferencia antes de llenar con combustible. RAM 900 D, es totalmente soluble en los combustibles Diesel.

Cuando un motor no ha sido encendido por más de 1 mes, añada 5 onzas de RAM 900 D, al tanque para proteger los anillos, pistones y cilindros en el encendido.



GLOBE INDUSTRIAL S.A.

Germán Schreiber 175
5to. piso,
San Isidro - Lima
Telf.: 440-2115 - 442-9762
Fax: (51-14) 426138

PARA MANTENIMIENTO:

Recomienda 1 onza de RAM 900 D, por cada 15 a 20 galones de Diesel 1 ó 2, para evitar los efectos corrosivos y de hollín de los combustibles. Se recomienda de preferencia agregar el producto antes de llenar el tanque.

PROPIEDADES:

Aspecto Físico	: Líquido
Punto de Inflamación	: 40° C
Estabilidad	: Buena

PRECAUCIONES:

- Producto inflamable
- No ingerir
- Para dosificación correcta de nuestro producto solicite la visita de nuestro representante técnico.

NOTA:

128 Onzas = 1 galón de RAM 900 D
1 Galón RAM 900 D, se dosifica por cada 5.000 a 6.000 galones de Diesel

FORMA DE PRESENTACION:

En envases de 55 Galones, cilindro retornable.

**RAM 900 BR
ADITIVO DE COMBUSTION**

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

RAM 900 BR, es un tratamiento para los petróleos residuales Bunker 5, Bunker 8, usados para incrementar el rendimiento de la combustión y controlar la formación de lodos y sedimentos en los circuitos de almacenamiento, transporte, cámara de combustión y demás partes de los hornos, calderos y quemadores.

CARACTERISTICAS:

RAM 900 BR, mejora la combustión al reducir la tensión superficial de los combustibles residuales y facilitar la atomización. Eliminando los residuos sedimentados en los fondos de tanque, evitando sean succionados y a la vez la caída de temperatura. RAM 900 BR, realiza una acción limpiadora en las superficies de calentamiento, reaccionando con los depósitos formados por la borra, diluyéndolos; reduce la acción corrosiva generada por la presencia de azufre y las sales de vanadio, tanto en la zona de baja temperatura como son; el precalentador y el atomizador, en la zona de alta temperatura como la cámara de combustión.

VENTAJAS:

RAM 900 BR, tiene acción anticorrosiva sobre las sales de vanadio como el pentóxido de vanadio y en las sales de azufre evitando la formación del dióxido de azufre.

- Cataliza la combustión.
- Mejora la transferencia de calor al prevenir la formación de depósitos en los circuitos.
- Emulsiona el agua y la humedad de los combustibles.

INSTRUCCIONES DE USO Y APLICACION:

Para limpieza de equipos de transporte y almacenaje o uso previo a la operación de mantenimiento:

Aplicuese aditivo RAM 900 BR en momentos que el contenido del tanque de petróleo esté en el nivel mínimo, con el objeto de diluir la borra, en forma económica, esta operación se puede repetir una vez más para terminar de barrer todos los residuos de los fondos de los tanques, como de los fondos de los conductos.

PARA MANTENIMIENTO:

Se recomienda 1 galón de RAM 900 BR, por cada 5,000 a 6,000 galones de petróleo, teniendo en cuenta añadir el producto dentro del tanque antes de la descarga del petróleo, en la proporción adecuada con el fin de obtener una perfecta homogenización.



Germán Schreiber 175
Sto. piso,
San Isidro - Lima
Telf.: 440-2115 - 442-9762
Fax: (51-14) 426138

PROPIEDADES:

Aspecto Físico	: Líquido marrón
Punto de Inflamación	: 58.4 °C
Gravedad Específica	: 0.8816
Estabilidad	: Buena en envase correcto

PRECAUCIONES:

- No ingerir, producto inflamable
- Para la dosificación correcta de producto solicite la visita de nuestro representante técnico.

FORMA DE PRESENTACION:

En envase de 55 galones, cilindro retornable.



empresa comercializadora de petróleo s.a.

Callao, 17 de Septiembre de 1,997

Atte. Ing. José Asmat V.

Por la presente permítame saludarlo y al mismo tiempo cotizarles el transporte de combustible: a cualquier zona de Lima Metropolitana, a partir de la Planta de Venta de La Pampilla.

- Petróleo Diesel Nro. 20.063 Soles / Galón
- Petróleo Diesel Nro. 60.063 Soles / Galón

(+) El Impuesto General a las Ventas: 18%.

Forma de Pago: 07 días después de recibido la factura.

P.D. El precio del flete es a partir de 2,000 galones.



Fabricación y Montajes de Máquinas
Estructuras Metálicas Industriales

Lima, 17 de Septiembre de 1,997

Atte. Ing. José Asmat V.

Ref: Presupuesto para el mantenimiento preventivo de un caldero de
100 BHP.

Estimado Ingeniero

De acuerdo a su solicitud nos es grato hacerle llegar nuestro presupuesto:

1. Para la revisión del caldero de 100 BHP, marca APIN. Incluye la revisión de las válvulas selenoides, válvulas de seguridad, limpieza de los tubos (lado de humos).
2. Revisión de las parte electro-mecánicas, así como también cambios de auto partes, que no puedan seguir funcionando.

Nuestro precio es de:

- \$ 600.00 Dólares Americanos Caldero de Petróleo Diesel Nro. 2
 - \$ 800.00 Dólares Americanos Caldero de Petróleo Residual Nro. 6
- (+) mas Impuesto General a las Ventas (18%)

Nota: Los trabajos es por mano de obra; y no incluye los cambios de autopartes o accesorios del caldero.

A la espera de su respuesta, me despido.

Atentamente.

COEHISA

Jose Cotrina

JOSE COTRINA - RUPAY
GERENTE GENERAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA DE PETROLEO

Au. Túpac Amaru 210 - Rímac Apartado 1301 Telefax: 481-2553 Cables UNI Lima - Perú

Lima, 25 de Junio de 1997

**COSTO DE LOS ANALISIS REALIZADOS EN EL LABORATORIO
OFICIAL DE NORMALIZACION DE PETROLEO Y DERIVADOS
(L.O.N.F.D.)**

ANALISIS COMPLETO

PRODUCTO	COSTO (S/)
GASOLINAS	740,00
KEROSENE	420,00
DIESEL	650,00
RESIDUAL (BUNKER)	500,00
LUBRICANTES	650,00
ASFALTOS	550,00
GRASAS	580,00
CERAS	350,00
SOLVENTES	420,00
ACEITES DIELECTRICOS	450,00
CALIBRACION DE SERAPHINES	150,00
PETROLEO CRUDO	700,00



*Fabricación y Montajes de Máquinas
Estructuras Metálicas Industriales*

Lima, 17 de Septiembre de 1,997

Atte. Ing. José Asmat V.

Ref: Presupuesto de instalación y acondicionamiento de un Quemador.

Estimado Ingeniero

De acuerdo a su solicitud nos es grato hacerle llegar nuestro presupuesto:

1. Instalación de un Quemador, marca Power Flame para un caldero de 100 BHP.
2. Acondicionamiento del tanque de almacenamiento y tanque diario para Petróleo Industrial Nro. 6, mediante calentamiento con resistencias eléctricas.
3. Puesto en funcionamiento de una bomba de alimentación para Petróleo Nro. 6 - Incluye instalación electro-mecánica

Nuestro precio es de:

\$ 1,800.00 Dólares Americanos, mas Impuesto General a las Ventas (18%).

Nota: El Presupuesto es a todo costo.

A la espera de su respuesta, me despido.

Atentamente.



INGENIEROS & TECNICOS EJECUTORES S.A.

Fabricación, Mantenimiento y Comercialización de Repuestos
para Calderas Ablandadores de Agua - Equipamiento e
Instalaciones Mecánicas Eléctricas Industriales



Callao, 25 de agosto de 1997

Presente.-

Telf.: 954-1014 / 954-1006

Att: Sr. José Asmat

Ref: Quemador Power Flame

P.S.01199-97

Estimado señor:

De acuerdo a vuestra solicitud nos es grato hacerles llegar nuestro presupuesto por lo siguiente:

1. Por suministro de un Quemador para Petróleo Pesado No. 6, marca POWER FLAME, para Combustible Pesado N° 6, totalmente equipado, de acuerdo al siguiente detalle.

- Quemador de Petróleo Pesado N° 6 de aire a Baja Presión para atomización, y Alta Velocidad 3,450 RPM, Totalmente Automático, Importado USA con sistema de Bombeo de Petróleo tipo engranaje, mod. HAC3-0, 0.3 HP, 220V, 3 Fases.

Sistema de Encendido por Piloto a Gas, el conjunto de piloto está compuesto por Transformador de Ignición, Válvula Maxitrol y Válvula Solenoide, Sistema de Pre calentamiento Eléctrico del combustible marca WARREN ELECTRIC, incluyendo Control de Temperatura y Termómetro, así como Válvula de Alivio para retomo del petróleo y Sistema Automático de Modulación de Aire de Combustión y suministro de Petróleo mediante motor MODUTROL HONEYWELL, y Válvula Reguladora de Petróleo HAUCK.

Todas las Interconexiones de los diferentes componentes vienen interconectados en un Tablero de Control General incluyendo sus Llaves tipo Codillo para arranque Automático y Manual, Potenciómetro Manual y Luces de Señalización, así como los diferentes Controles de los diferentes Motores y Fusibles. Totalmente ensamblado y fabricado en los E.E.U.U. AMERICA, aprobado y controlado "UNDERWRITER'S LABORATORIES INC. USA y CANADA, con las siguiente especificaciones características:



INGENIEROS & TECNICOS EJECUTORES S.A.

Fabricación, Mantenimiento y Comercialización de Repuestos
para Calderas Ablandadores de Agua - Equipamiento e
Instalaciones Mecánicas Eléctricas Industriales



LIMA - PERU

Procedencia	USA
Modelo	HAC3-0
Combustible	Petróleo Pesado No. 6
Variación de Descarga	28.0 GPH
Potencia del Ventilador	3 HP/3,450 RPM /220V/3 φ
Potencia del Compresor	2 HP
Calentador Eléctrico	3 Kw.

- Programador

HONEYWEL R4140G / RM7800 / BC7000, 110V/60 Hz, con secuencia de Purga Encendido, Piloto, Llama Baja, Alta y Pos Purga.

Configuración Standar

- Control de Seguridad de Flama, Fococelda HONEYWELL Ultravioleta mod. C7027A-1023.

Precio del Suministro US\$ 13,800.00 + I.G.V.

Forma de Pago

50% CON LA ORDEN DE COMPRA

SALDO CONTRA ENTREGA

LA FORMA DE PAGO SERA EN DOLARES AMERICANOS O EN NUEVOS SOLES AL TIPO DE CAMBIO DEL DIA DEL PAGO (DOLAR LIBRE VALOR VENTA)

Tiempo de Entrega

DE 08 A 10 SEMANAS (POR CONFIRMAR)

Validez de la Oferta

15 DIAS

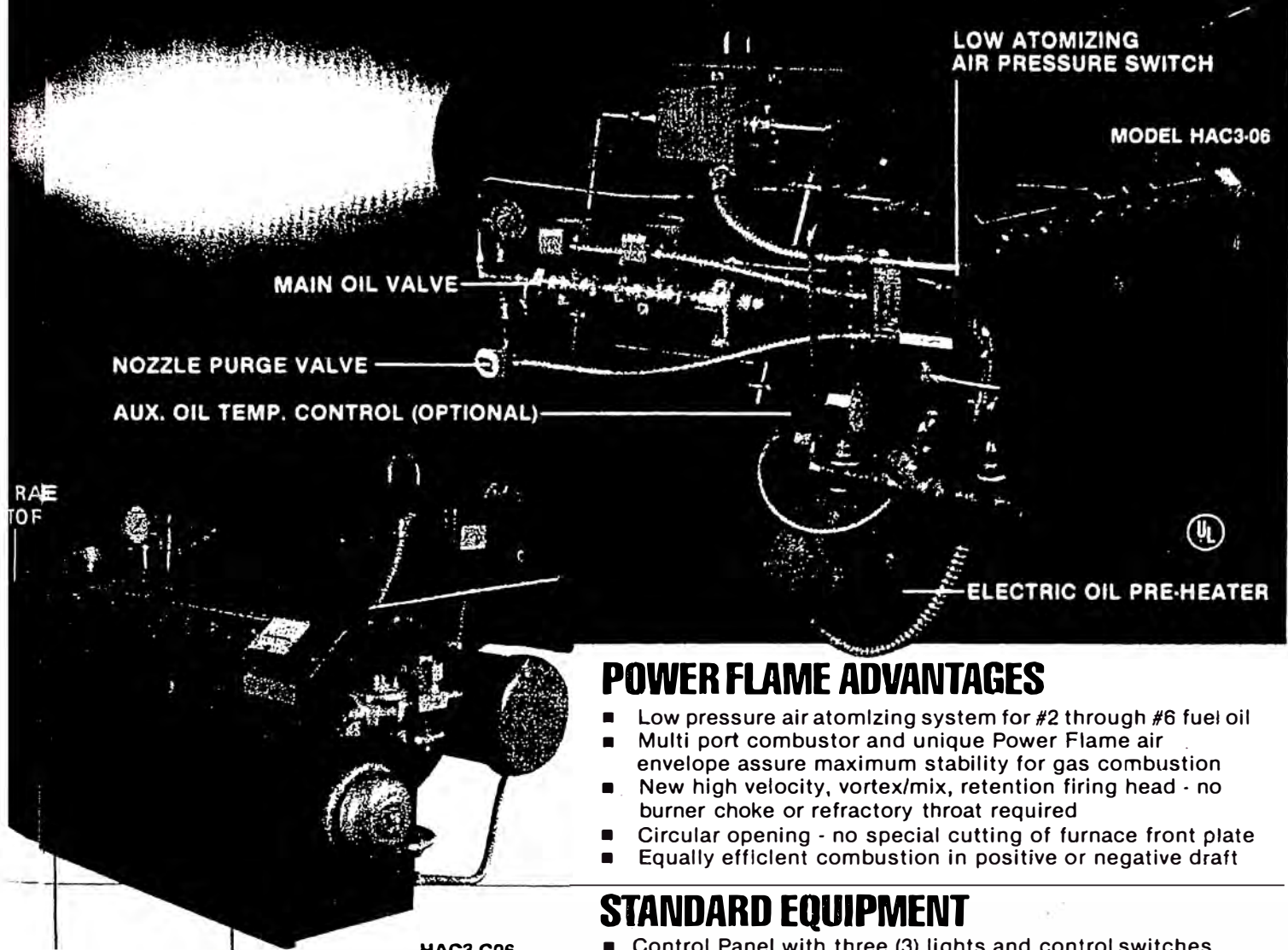
Atentamente,

ING. ANTONIO GARCIA OTOYA

.../leo

TYPE HAC

HEAVY OIL/GAS



MODEL HAC3-06

POWER FLAME ADVANTAGES

- Low pressure air atomizing system for #2 through #6 fuel oil
- Multi port combustor and unique Power Flame air envelope assure maximum stability for gas combustion
- New high velocity, vortex/mix, retention firing head - no burner choke or refractory throat required
- Circular opening - no special cutting of furnace front plate
- Equally efficient combustion in positive or negative draft

STANDARD EQUIPMENT

- Control Panel with three (3) lights and control switches
- 3450 RPM Motor and squirrel cage blower wheel assembly
- Full modulating operation, all fuels
- Gas/electric pilot assembly with ignition transformer, solenoid valve, and pilot cock
- Pilot and main gas pressure regulators (1# max. inlet)
- Combustion and atomizing air proving switches

ADDITIONAL FEATURES

X - Standard O - Optional

- Flame safeguard system with pre-purge, post-purge, UV scanner
- Proven low fire start, manual auto-switch & potentiometer
- Motorized main gas valve, (proof of closure system on gas-oil units)
- Auxiliary solenoid valve (Over 5 MM Btu/Hr) High and Low gas pressure switches
- Characterized fuel metering system
- Main oil valve, N.O. bypass valve (#5, 6 oil) and purge valve (#4, 5, 6 oil)
- Simplex oil strainer
- Integral oil pump (#2 oil)
- Remote Direct drive oil pump set (#4, 5, 6 oil), back press reg valve (#5, 6 oil)
- Integral oil preheater, low temperature interlock, (#4, 5, 6 oil)**
- Equipment to meet Factory Mutual, IRI and other approval agencies
- Customized control systems, remote panel & accessories
- Atomizing air compressor set
- Distillate/Residual (Light/Heavy) oil selector switch

**Low Watt Density Optional on Request

(1) Remote Direct Drive Pump Set with Internal Regulator

HAC-785 Rev. 89

HAC4A	HAC4B	HAC4C	HAC5	HAC6
X	X	X	X	X
X	X	X	X	X
X	X	X	X	X
X	X	X	X	X
O	O	O	O	O
X	X	X	X	X
X	X	X	X	X
X	X	X	X	X
X	X	X	X	X
O	O	O	O	O
O	O	O	O	O
X	X	X	X	X
O	O	O	O	O

SELECTOR SWITCH

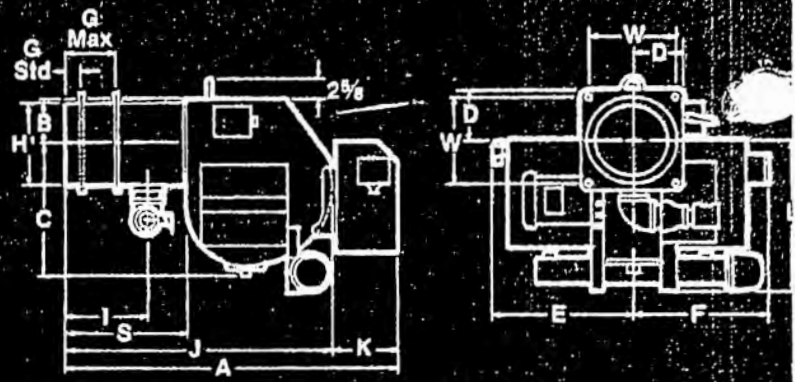
HAC3-G06

TOTAL ACCESS PANEL

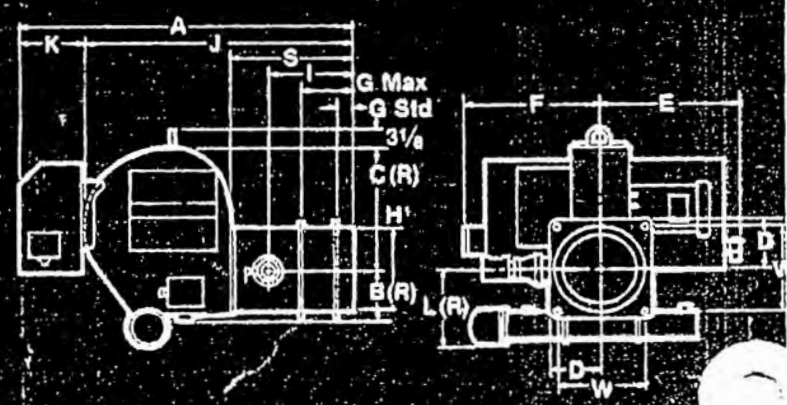
OTA ACCESS PANELS OR GRAPHIC MANAGEMENT SYSTEMS

Power Flame's unique swing out front panel and top panel provides total access to all mounted components.
Patented

MODEL C CONFIGURATION



MODEL CR CONFIGURATION



NOTE: If clearance problems exist, preheater can be relocated.
NOTE: Use (R) dimension for reversed model.



Graphic Management System
Panel
Operational

DIMENSIONS (Inches) Standard Models.

Model	A	B	B (R)	C	C (R)	D	E	F	G Std	G Max	H'	J	K	L	L (R)	S	W	
AC3	42 3/8	5 1/4	6 1/2	16 3/4	15 1/8	6 1/2	20	21	3	9 5/8	9 5/8	10 1/4	32 3/4	10 1/2	17 3/8	9 1/4	14 3/8	10
AC4	46	6 1/4	7 1/2	18 3/4	17 1/4	7 1/2	20	21	3 1/2	10 1/2	11 5/8	11 5/8	36 1/2	10 1/2	21 1/8	10 1/4	16 3/8	12
AC5	46	6 1/4	7 1/2	18 3/4	17 1/4	7 1/2	20	21	3 1/2	10 1/2	11 5/8	11 5/8	36 1/2	10 1/2	21 1/8	10 1/4	16 3/8	12
AC6	46	6 1/4	7 1/2	18 3/4	17 1/4	7 1/2	20	21	5 1/8	10 1/2	13 5/8	11 5/8	36 1/2	10 1/2	21 1/8	10 1/4	16 3/8	13 1/2

Dimensions to "H" for size of opening in boiler front plate.
Dimensions "L" and "L (R)" required for scanner pipe when insertion greater than 1/2" is used.

RATINGS AND SPECIFICATIONS

Nominal Capacity Oil GPH ₂	CAPACITY			Natural Gas (MBH) Maximum	Boiler Model Number	Blower Motor HP	Circulator Pump Motor HP	Compressor Motor HP		Oil Heater KW		
	Nominal Boiler H.P. (Maximum) Furnace Pressure .05 WC	Nominal Boiler H.P. (Maximum) Furnace Pressure .05 WC	Nominal Boiler H.P. (Maximum) Furnace Pressure .05 WC					#4	#6	#4	#6	
28	100	95	95	4200	HAC3-GO	1/2	1/2	1 1/2	1 1/2	2	4	2
36.4	130	125	125	5460	HAC4-GO-A	3/4	3/4	1 1/2	1 1/2	2	3	3
42	150	145	145	6800	HAC4-GO-B	3/4	3/4	1 1/2	1 1/2	3	4	3
49	175	170	170	7350	HAC4-GO-C	5/8	5/8	1 1/2	1 1/2	3	4	3
56	200	195	195	8400	HAC5-GO	1	1	2	2	3	5	4
71	255	250	250	10710	HAC6-GO-A	1 1/2	1 1/2	2	2	3	6	5
77	275	270	270	11600	HAC6-GO-B	1 1/2	1 1/2	2	2	3	6	5

Output capacities based on -.05" wc.
Boiler HP at both ratings based on 80% efficiency.
Gas for #1 oil 150,000 BTU/Gallon;
Gas for #2 oil 145,000 BTU/gallon multiply by 1.02,
Gas for #4 or #6 grade of fuel multiply by 1.07.
#2, #4 or #6 grade of fuel
Oil pump for #2 oil

Power Flame Incorporated

2001 South 21st Street, Parsons, Kansas 67357
316-421-0480, Telex 62903462, FAX 316-421-0948
Controlled energy for commerce and industry



LIMA, 23 DE JULIO DE 1997
COTIZACION No. 1297.LF5

SEÑOR(S)

INIC JOSE ASMAT VILLANERA

TELEFONO: 327-3876
FAX: 327-0125

ESTIMADOS SEÑORES:

MEDIANTE LA PRESENTE LES HACEMOS LLEGAR NUESTRO MAS
CORDIAL SALUDO Y DEL MISMO MODO LA COTIZACION SIGUIENTE:

ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCION		PRECIO UNIT.
1	1.00	UNID	BOMBA SERIE 3635HBRV 3" ϕ MARCA ROPER IMPORTADO DE U.S.A.	US\$	2,603.99
2	1.00	UNID	MOTOR 1800 TRIFASICO 20 MARCA WEG IMPORTADO DE BRASIL	US\$	834.40
3	1.00	UNID	PLACA BASE DE ACERO ESTRUCTURAL CON ACOPLAMIENTO EN FAJAS Y POLEAS	US\$	650.00

CONDICIONES COMERCIALES:

=====

PLAZO DE ENTREGA : STOCK INMEDIATO
LUGAR DE ENTREGA : SUS ALMACENES
IMPORTANTE : LOS PRECIOS NO INCLUYEN I. G. V.
VALIDEZ DE LA OFERTA : 30 DIAS

RESPECTIVAMENTE,

ING. ROSA SOLARI C.
SUPERVISOR DE VENTAS

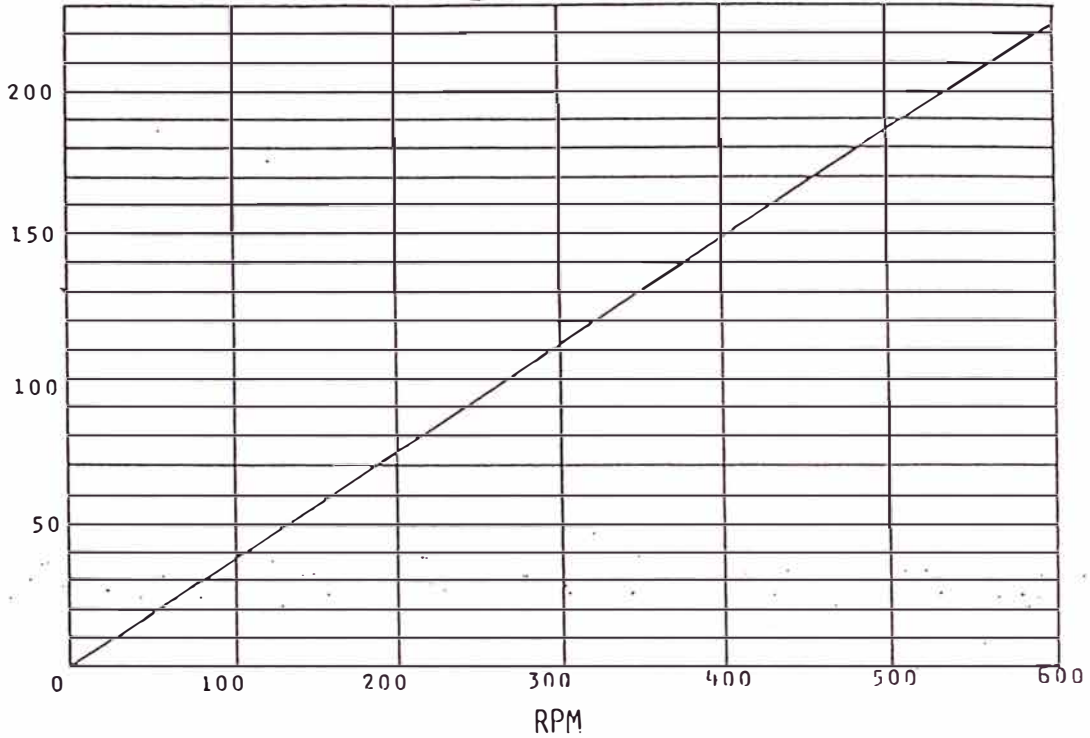
ING. MAGALI DEXTRE CUBILLAS
EJECUTIVO DE VENTAS

SERIES 3635, 3735

TOTAL DELIVERY IN GPM = GRAPH I - GRAPH II

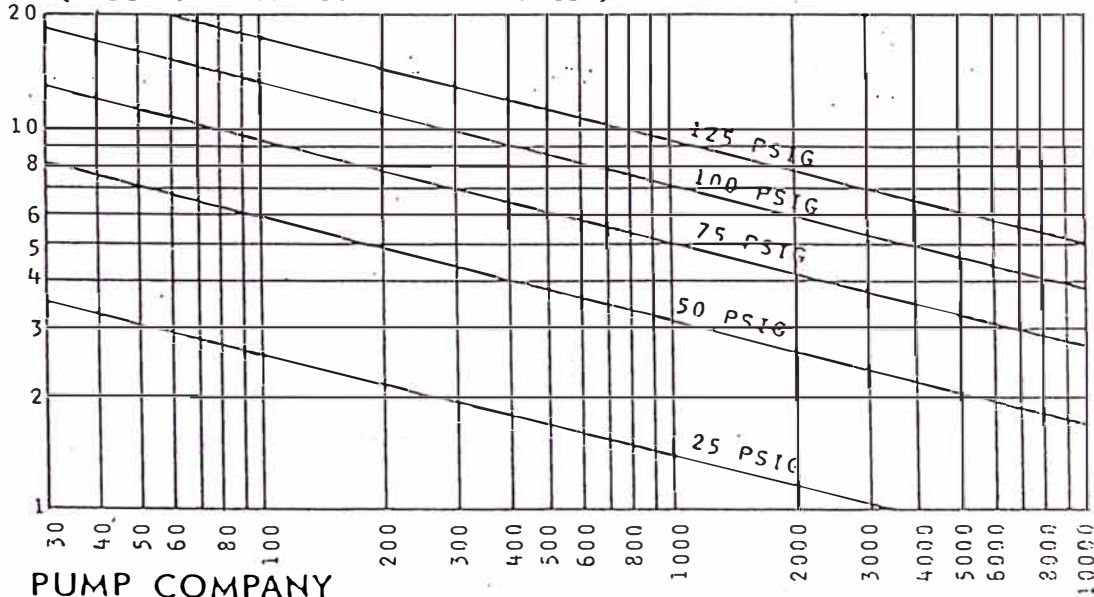
(DO NOT EXCEED CUT OFF POINTS WITHOUT CONSULTING FACTORY)
 (DO NOT ALLOW SLIP TO EXCEED 20% OF THEORETICAL DELIVERY)

GRAPH 1



GRAPH 2

(BASED ON 14.7 PSIA AT PUMP INLET)



PER PUMP COMPANY
 COMMERCE, GEORGIA

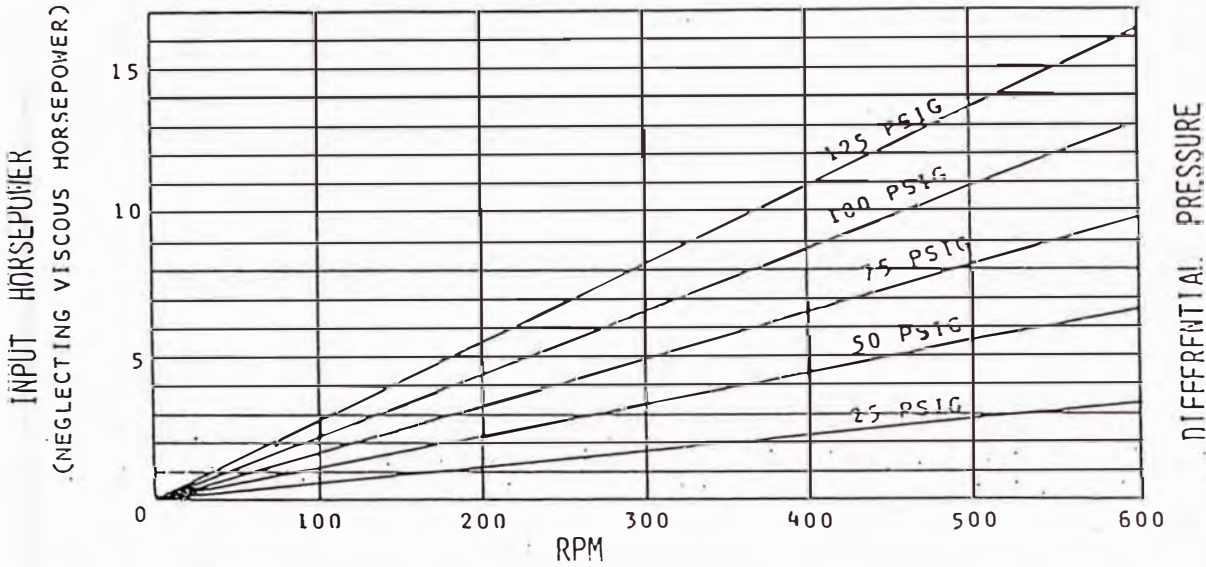
VISCOSITY

SERIES 3635, 3735

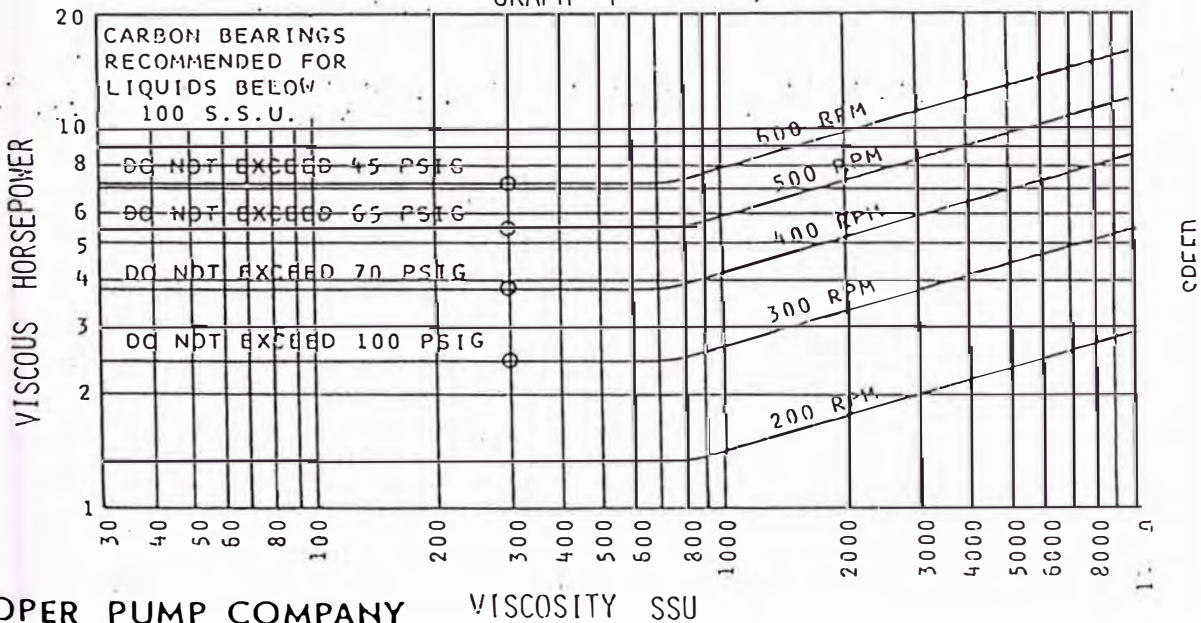
TOTAL INPUT HORSEPOWER = GRAPH III + GRAPH IV

(DO NOT EXCEED CUT OFF POINTS WITHOUT CONSULTING FACTORY)

GRAPH 3



GRAPH 4



OPER PUMP COMPANY
 COMMERCE, GEORGIA

VISCOSITY SSU

SERIES
3600-3700 / 4600-4700
HEAVY DUTY PUMPS

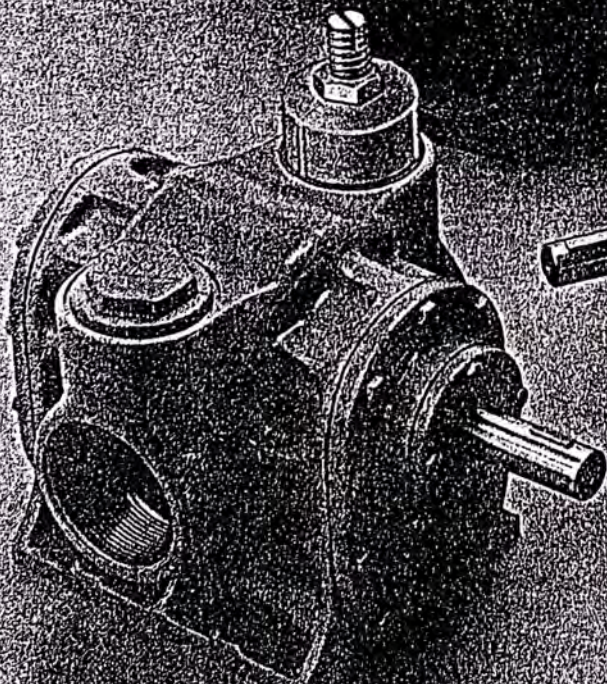
GENERAL PURPOSE PUMPS FOR
MIXING, BLENDING, RECIRCULATING,
FIXED AND MOBILE TRANSFER

ROPER



ANTECC

ANDINA TECNICA DE COMERCIO S.R.



*Dependable pumps
for over 125 years!*

ROPER
PUMPS