

# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA INDUSTRIAL

PLANTEO Y SOLUCION DE UN PROBLEMA DE PROGRAMACION LINEAL

TESIS PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL

**Augusto Hermoza Pacheco**

## INDICE

### 1.- Algunos conceptos particulares

Cracking

Viscosity Breking

Reforming

Octanaje de una Gasolina

Isomerización

Plomo tetraetílico

### 2.- Problema General de Programación lineal

Solución al problema

Procedimiento de Cómputo Simplex

Técnica de base artificial

Sobre las variables de hlgura

Refinación

Programación lineal en Petróleo

Beneficio

Limitaciones

Especificaciones de calidad

### 3.- PROBLEMA

Enunciado:

Requerimientos en el problema

Restricciones de especificaciones de calidad en el problema

Operaciones

Características de los componentes que salen -  
de la refinación básica. Tabla A

Características de los componentes que salen -  
de la destilación adicional. Tabla B

Reformación

Capacidad de Reforma

Clases de Reforma: Reforma ligera i reforma seve-  
ra

#### 4.- 1° PARTE.- PLANTEO DEL PROBLEMA

Introducción

Las distintas variables existentes en el pro-  
blema

Las distintas variables i sus especificaciones

Ecuaciones

Formación de las ecuaciones

Formación de la 1° ecuación Explicación

Formación de la 2° ecuación .Explicación

Formación de la 3° ecuación . Explicación

Formación de la 4° ecuación. Explicación

Formación de la 5° ecuación. Explicación

Formación de la 6° ecuación. Explicación

Formación de la 7° ecuación. Explicación.

Formación de la 8° ecuación. Explicación

Formación de la 9° ecuación. Explicación

Formación de la 10° ecuación. Explicación

Formación de la 11° ecuación. Explicación

Formación de la 12° ecuación. Explicación

Formación de la 13° ecuación. Explicación

Formación de la 14° ecuación. Explicación

Formación de la 15° ecuación. Explicación

Formación de la 16° ecuación. Explicación

Formación de la 17° ecuación. Explicación

Formación de la 18° ecuación. Explicación

Explicación de la matriz problema

Esquema de la matriz

Sobre los giveaways

Desarrollo de la función objetivo

Otro intento de solución

Explicación del esquema que muestra el  
de los componentes

2° PARTE.- SOLUCION AL PROBLEMA

1.- Introducción

2.- Conceptos de Shadow Price, Givoway , solución dual

Salida de los resultados finales

3.- a.- Resolución del Problema

b.- Respuestas de la Computadora

c.- Disposición de los componentes en la solución  
óptima

d.- Balance de Nafta Pesada

e.- Cálculo de los Givoways

f.-Cálculo de las especificaciones con que debe  
salir la Gasolina Regular i la Gasolina extra

g.- Cálculo del Beneficio

h.- Interpretación de los Shadow Price.

4.- Conclusiones Respecto al Problema

Conclusiones Generales

Bibliografía

ALGUNOS CONCEPTOS PARTICULARES  
-----

CRACKING

VISCOSITY BREAKING

REFORMING O ISOMERIZACION

OCTANAJE DE UNA GASOLINA

ISOMERIZACION

ALQUILACION

PLOMO TETRAETILICO

CRACKING  
-----

El cracking se define como el proceso mediante el cual las moléculas pesadas pasan a livianas. De la palabra inglesa crackeo que significa rompimiento. Se utilizan temperaturas que llegan hasta los 500°, El calentamiento se hace bajo presión i ocurre que las moléculas grandes se rompen en otras mas pequeñas. Las presiones que se emplean son hasta de 15 atmósferas. El cracking se realiza en cilindros de acero al molibdeno de unos 15 metros de altura i casi 3 metros de diámetro. Las gasolinas obtenidas en el proceso de cracking difieren de la gasolina natural en que contienen olefinas i diolefina de cadena abierta i cerrada i compuestos aromáticos.

El crackeo tiene relación posterior con la elevación del octanaje. Existen 2 clases de cracking: Un cracking sin catalizador denominado cracking térmico i un cracking con catalizador o cracking catalítico

CRACKING CATALITICO.

El catalizador es una substancia que sin sufrir alteración en su composición es capaz de originar cambios químicos en los hidrocarburos. Este catalizador es auxiliado en el proceso de refinación por dos agentes el calor i la presión

El catalizador puede ser arcilla activada, ácido sulfúrico, vanadium ó cloruro de aluminio anhidro i otros

Este proceso es de lo mas avanzado en la industria petrolera. Consiste en breves palabras- en la desintegración molecular del petróleo utilizándose un catalizador.

De no haberse descubierto este proceso la industria petrolera no hubiese podido satisfacer demanda de gasolina de tantos vehículos motorizados que existen en el mundo

El sistema de cracking catalítico por su importancia en la refinación puede considerársele como el " corazón de una refinería"

#### VISBREAKING o VISCOSITY BREAKING

Es una operación de crackeo liviana hecha sobre los residuos obtenidos de la primera destilación.

La temperatura de la operación son de 850 grados F. i la presión puede ser de la presión atmosférica a la presión de 500 psi

Ocurre que cuando se realiza esta operación hay una elevación de nafta crackeada, también hay una elevación de la gasolina

Grandes cadenas alquílizas a los lados de los hidrocarburos

de alto peso molecular son responsables para la alta viscosidad de los aceites pesados. En una operación de visbreaking estas cadenas son grandemente disminuidas. La reducción de viscosidad es debido 1° porque hay una disminución de las cadenas que figuran a los lados de los hidrocarburos i por la formación simultanea de productos de baja viscosidad cuando se descompone el combustible

## REFORMING

Se refiere al cracking moderado ooco severo de nafta con el fin del mejoramiento del número de octano i para que baje el rango de ebullición ( incrementando la volatilidad) Altas presiones, temperaturas relativamente altas i cortos tiempos de exposición son en general practicados

El reforming viene a ser una modificación donde se hace uso del calor i de la presión con o sin catalizador haciéndose una isomerización de los hidrocarburos

Varias clases de reforming están en uso actualmente tal como el hidroforming, el reforming catalítico, el platforming

## OCTANAJE DE UNA GASOLINA

Una gasolina tiene un octanaje o índice de octano de 70 si es que su rendimiento es idéntico al rendimiento de una mezcla que contiene el 70% de isooctano i el 30% de n heptano

Una gasolina de 90 octanos es aquella que su rendimiento es idéntico al rendimiento de una mezcla que contiene 90% de isooctano i 10% de heptano.

En cambio los combustibles con números de octano superiores a 100 pueden valorarse comparándolos con mezclas de isooctano puro y de isooctano que contiene Pb tetraetilico

El isooctano que difícilmente puede hacerse detonar, y tiene así excelentes propiedades antidetonantes, recibe un número de octano de 100 mientras que el heptano normal que carece de ellas, pues al quemar en un motor de explosión detona fácilmente recibe el número de octano de 0.

El octanaje aumenta agregando sustancias que actúan como catalizadores negativos en la combustión de los hidrocarburos. La sustancia más ampliamente utilizada como tal es el Pb tetraetilico en proporción inferior al 0.1%

Para fines especiales (combustibles para aviación) se precisa gasolina de un número de octano de 100.

## ISOMERIZACION

Consiste en la transformación de hidrocarburos de cadena normal en mezclas de otros isómeros con cadenas ramificadas

## ALQUILACION

Proceso inverso al cracking. Con la alquilación se consigue aumentar el rendimiento en gasolina, al formar nuevas moléculas, incluidas en el intervalo gasolina, a partir de otras más pequeñas. Se consiguen gasolinas de elevado número de octanos

## PLOMO TETRAETILICO

Desde hace largo tiempo se sabe que un motor de combustión

interna es mas eficiente cuando la mezcla combustible- aire se comprime fuértemente antes del encendido. Tales motores de alta compresión no pueden utilizarse satisfactoriamente con gasolina simplemente destilada, pues este material mezclado con el aire produce explosión en lugar de arder cuando la mezcla es encendida bajo una compresión elevada.

En 1922 se halló el Pb tetraetílico i se descubrió que este elimina esta explosión anormal. El Pb tetraetílico es sumamente venenoso y se absorbe por la piel. Muchos países prescriben que la gasolina conteniendo este antidetonante se tiña de rojo como medida de protección .

Cuanto más comprimi a encuentre la mezcla de gasolina i aire en el momento de ignición tanto mayor es el rendimiento del motor. Sin embargo cuando se emplea una compresión muy elevada la mezcla quema con excesiva rapidez y el resultado es una violenta sacudida contra el émbolo del motor, el motor "detona" i el rendimiento es mucho menor. Entonces se le echa a la gasolina este antidetonante, pero no se echa en la misma proporción a todas las variedades de gasolina

PROBLEMA GENERAL DE PROGRAMACION LINEAL.

El problema general de Programacion lineal consiste en encontrar un vector  $X = (X_1 \dots \dots \dots X_n)$  tal vector debe minimizar la función objetivo

$$C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_j X_j + \dots + C_n X_n$$

Todo vector tiene ciertas restricciones

En 1º lugar debe ser  $\geq 0$  ó  $X_j \geq 0$

2º los elementos de X de  $(X_1$  a  $X_n)$  asociados con las constantes a i b deben cumplir las siguientes restricciones

$$a_{11} X_1 + a_{12} X_2 + \dots + a_{1j} + \dots + a_{1n} X_n = b_1$$

$$a_{21} X_1 + a_{22} X_2 + \dots + a_{2j} X_j + \dots + a_{2n} X_n = b_2$$

$$a_{31} X_1 + a_{32} X_2 + \dots + a_{3j} X_j + \dots + a_{3n} X_n = b_3$$

$$a_{i1} X_1 + a_{i2} X_2 + \dots + a_{ij} X_j + \dots + a_{in} X_n = b_i$$

$$a_{n1} X_1 + a_{n2} X_2 + \dots + a_{nj} X_j + \dots + a_{nn} X_n = b_n$$

Por consiguiente podemos expresar lo anterior en una forma mas simplificada de la siguiente manera

Minimizar  $\sum_1^n C_j X_j$  mediante un vector X tal que

$$X_j = 0 \quad \sum_1^n a_{ij} X_j = b_i$$

En una forma mas simplificada todavia

Encontrar un vector X que minimice

$$CX$$

donde  $X \geq 0$

$$i \quad AX = b$$

S O L U C I O N A L P R O B L E M A

El vector X es encontrado mediante el método Simplex utilizando un número finito de pasos.

El método en líneas generales consiste en encontrar una solución posible básica donde el valor de la función objetivo sea menor que el valor de la función objetivo anterior, o sea en lo caso encontrar una solución posible teniendo acá la función objetivo un valor, de aquí pasamos a hallar otra solución posible, en este caso la función objetivo ya debe tener un valor menor que el de la anterior solución. Así continuamos hallando nuevas soluciones posibles donde cada vez la función objetivo tendrá un valor menor; cuando ya no podamos bajar el valor de la función objetivo nos habremos encontrado lógicamente con una solución mínima. El vector X encontrado en esa solución posible mínima será el que minimice la función objetivo hasta un punto tal en que ya no se le puede bajar de valor.

PROCEDIMIENTO DE COMPUTO SIMPLEX

Considero que un ejemplo numérico de antemano es bastante a-provechable

Sea el siguiente problema

Encontrar un vector X que minimice la función:

$$X_2 - 3X_3 + 2X_5 \text{ ----- función objetivo}$$

El vector X tiene las siguientes restricciones

$$\begin{aligned} X_j &\geq 0 \\ X_1 + 3X_2 - X_3 &= 7 \\ -2X_2 + 4X_3 + X_4 + 2X_5 &= 12 \\ -4X_2 + 3X_3 + 8X_5 + X_6 &= 10 \end{aligned}$$

Acá debemos considerar el vector C = ( C<sub>1</sub>.....C<sub>n</sub>), el vector columna P<sub>0</sub> que encierra las x i los vectores P<sub>1</sub> P<sub>2</sub> P<sub>3</sub> P<sub>4</sub>

$P_5$   $P_6$

Usaremos en seguida el tablero. En este tablo acomodamos el problema de la siguiente manera

TABLA 1

			0	1	-3	0	2	0	
i	BASES	C	P	P	P	P	P	P	
				1	2	3	4	5	6
1	$P_1$	0	7	1	3	-1	0	2	0
2	$P_4$	0	12	0	-2	4	1	0	0
3	$P_6$	0	10	0	-4	3	0	8	1
4			0	0	-1	3	0	-2	0

En otras palabras en el tablero colocamos el vector  $C = (C_1 \dots C_n)$  que está formado por los coeficientes de la función objetivo luego  $C$  será  $(0, 1, -3, 0, 2, 0)$ ; dicho vector lo colocamos en la parte superior del tablero tal como aparece

$P_1$   $P_4$  y  $P_6$  son los vectores que forman una base unitaria, tal base en este caso está dada, esto se aprecia examinando las restricciones

Ahora vemos que en la función objetivo no figuran  $X_1$ ,  $X_4$  ni  $X_6$  por consiguiente los coeficientes de costo son 0 para  $P_1$   $P_4$  y  $P_6$  tal como aparece en el tablero.

El vector  $P_2$  siempre contiene los términos a la derecha de las restricciones. De estas se puede apreciar que tales términos son 7, 12, 10; estos se colocan en el tablero tal como aparece. Debajo de  $P_1$  colocamos los coeficientes de los respectivos  $X_1$  en las restricciones o sea  $(1, 0, 0)$ . Debajo de  $P_2$  colocamos los coeficientes de los respectivos  $X_2$  en las restricciones o sea  $(3, -2, -4)$ . Operando de la misma manera debajo de  $P_3$   $P_4$   $P_5$  y  $P_6$  colocamos los coeficientes  $(-14, 3)$

$(0,1,0)$ ,  $(2,0,8)$   $(0,0,1)$ , tla como aparece en el tablero  
 El significado de  $i=1,2,3,4$  se refiere a las filas que tiene el tablero

En la fila 4 ponemos debajo de  $P_0$  el producto de  $C''$  .  $P_0$  donde  $C''$  está formado por los coeficientes de costo de la base

$$\text{ej: } (0,0,0) \times (7,12,10) = 0$$

En la fila 4

Debajo de  $P_1, P_2, P_3, P_4, P_5, P_6$  ponemos el resultado de  $C'' \times P_j - C_j$  donde  $j$  va de 1 a 6

$$\begin{aligned} \text{ej: para } P_1 & (0,0,0) \times (1,0,0) - C_1 \\ & (0,0,0) \times (1,0,0) - 0 \\ & = 0 \end{aligned}$$

La 1ª solución es  $X = (x_1, x_4, x_6) = (7, 12, 10)$

valor de la función objetivo = 0

veamos si podemos disminuir este valor de 0 de la función objetivo

Operando con el mismo tablero pasamos a ver que vector puede ser introducido a la base

El vector que puede ser introducido a la base es aquel que ocasiona lógicamente la mayor disminución de la función objetivo siendo la disminución  $Z_j - C_j = 3$  el vector  $P_3$  lo introducimos

a la base cambiándolo por aquel vector que tenga mínimo el cociente de  $\frac{X_i}{X_{ik}}$  Haciendo los cocientes vemos

$$7/-1 = -7, \quad 12/4 = 3, \quad 10/3 = 3.33$$

Vemos que el cociente mínimo es 3 correspondiendo esto al vector  $P_4$  por consiguiente cambiamos  $P_3$  por  $P_4$

En seguida transformamos la tabla por el procedimiento de eliminación como se aprecia en seguida

Si se observa la tabla (1) se aprecia dentro de ella al 4 este es el pivote, significando que toda la fila debemos dividirla entre 4 para volver unitario el vector  $P_3$

i	BASES	$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	
1	$P_1$	0	7	1	3	-1	0	2	0
2	$P_4$	0	3	0	-1/2	1	1/4	0	0
3	$P_6$	0	10	0	-4	3	0	8	1

Multiplicar el elemento 1 debajo de  $P_3$  por tal  $N_2$  que sumado con el -1 de  $P_1$  de por suma 0 En este caso es 1. Por el mismo número multiplicar todos los elementos de la 2ª fila y sumar con sus correspondientes de la 1ª fila.

Multiplicar el elemento 1 de la 2ª fila debajo de  $P_3$  por tal  $N_2$  que sumado con el 3 de  $P_4$  de por suma 0 En este caso es -3 Por el mismo  $N_2$  multiplicar todos los elementos de la 2ª fila y sumarlos con sus correspondientes de la 3ª fila.

El cuadro resuelto aparece a continuación incluidos ya en la base el vector  $P_3$

		$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$	
	$P_1$	0	10	1	5/2	0	1/4	2	0
	$P_3$	-3	3	0	-1/2	1	1/4	0	0
3	$P_6$	0	1	0	5/2	0	-3/4	8	1
4		-9	0	1/2	0	-3/4	-2	0	

La fila 4 o sea la fila  $Z_j - C_j$  fué obtenida del mismo modo que en el 1º paso esto es que se aplicó

$$C_j \text{ base} \times P_j - C_j$$

Así es  $P_0 P_2$

Para  $P_0$

$(0, -3, 0) \times (10, 3, 1) = 0 - 30 = -30$  es el coeficiente de costo de

$$P_0 = -9 - 0 = -9$$

Para  $P_2$

$$(0, -3, 0) \times (5/2, -1/2, -5/2) = -15$$

$$= 3/2 - 1 = 1/2$$

De la misma manera hallamos los demás elementos de la 4ª fila tal como aparecen en la tabla

Debajo de  $P_0$  vemos el valor de la función objetivo o sea  $-9$  (obsérvese que  $-9$  es menor que  $0$  que era el valor anterior de la función objetivo)

Probemos con un 3º paso si es que aun podemos disminuir el valor de  $-9$

De la última tabla vemos que el máximo  $Z_j - C_j$  de la tabla es  $1/2$  que corresponde al  $Z_j - C_j$  de  $P_2$  por consiguiente  $P_2$  será introducido a la base, el examen de que cociente  $x_i/x_{ik}$  es mínimo viene en seguida

$$P_1 = \frac{10/5}{2} = 4 \quad P_3 = \frac{3}{-1/2} = -6 \quad P_6 = \frac{1}{-5/2} = -2/5$$

Los valores negativos son desechados

De lo anterior  $P_1$  será eliminado de la base

Dividamos la fila 1 por  $5/2$

		P	P	P	P	P	P	P	P
		0	1	2	3	4	5	6	0
1	$P_1$	0	4	2/5	1	0	1/10	4/5	0
2	$P_3$	-3	3	0	-1/2	1	1/4	0	0
3	$P_6$	0	1	0	-5/2	0	-3/4	8	1

Multiplicar el elemento 1 de la 1ª fila debajo de  $P_2$  por tal  $N_0$  que sumado con el  $-1/2$  de  $P_3$  de por suma  $0$  en este caso  $1/2$ .

Por el mismo  $N_0$  multiplicar todos los elementos de la 1ª fila y sumarlos con sus correspondientes de la 2ª fila

Multiplicar el elemento 1 de la 1ª fila debajo de  $P_2$  por tal  $N_0$  que sumado con el  $-5/2$  de la 3ª fila de por suma 0. En este caso  $5/2$  Por el mismo  $N_0$  multiplicar todos los elementos de la 1ª fila y sumarlos con sus correspondientes de la 3ª

El cuadro resuelto aparece a continuación incluido ya en la base el vector  $P_2$

		$P_0$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	$P_6$
1	1	4	$2/5$	1	0	$1/10$	$4/5$	0
2	-3	5	$1/5$	0	1	$3/10$	$2/5$	0
3	0	11	1	0	0	$-1/2$	10	1
4		-11	$-1/5$	0	0	$-4/5$	$-12/5$	0

Debajo de  $P_0$  en la fila 4 o sea la fila de  $Z_j - C_j$  aparece -11 que es el valor de la función objetivo

Examinando la última fila vemos que la máxima disminución que pueden hacerle a la función objetivo corre por cuenta de  $P_2$  y  $P_3$  siendo las  $Z_j - C_j$  en los dos casos 0,0

Lógicamente que que la máxima disminución es 0 esto significa que no se puede disminuir la función objetivo por consiguiente el valor mínimo de la función objetivo es -11

#### TECNICA DE LA BASE ARTIFICIAL

Algunas veces el problema planteado no contiene una matriz unitaria entonces empleamos una base artificial, obteniéndose también mediante este método un valor mínimo para la función objetivo, entonces lo que se hace es aumentar el sistema en la base artificial

#### SOBRE LAS VARIABLES DE HOLGURA

Sea aquellas que se caracterizan por tener coeficientes de costo que por lo general reciben el valor de 0

Utilizamos estas variables cuando el problema inicial de Programación lineal es de la forma

$$AX \leq b$$

entonces lo que se hace es añadir una variable de holgura para transformar las inecuaciones en ecuaciones, entonces se sumará una variable de holgura al 1º miembro cuando la ecuación es menor que el término independiente y se restará cuando la ecuación es mayor que el término independiente.

Algunas veces los coeficientes de las variables de holgura tienen valor diferente de cero pero este es muy raras veces

## R E F I N A C I O N

La refinación del petróleo es un proceso bastante complejo mediante ella se obtiene una serie de productos.

Un cuadro de refinación relacionado con el problema de mas adelante se muestra

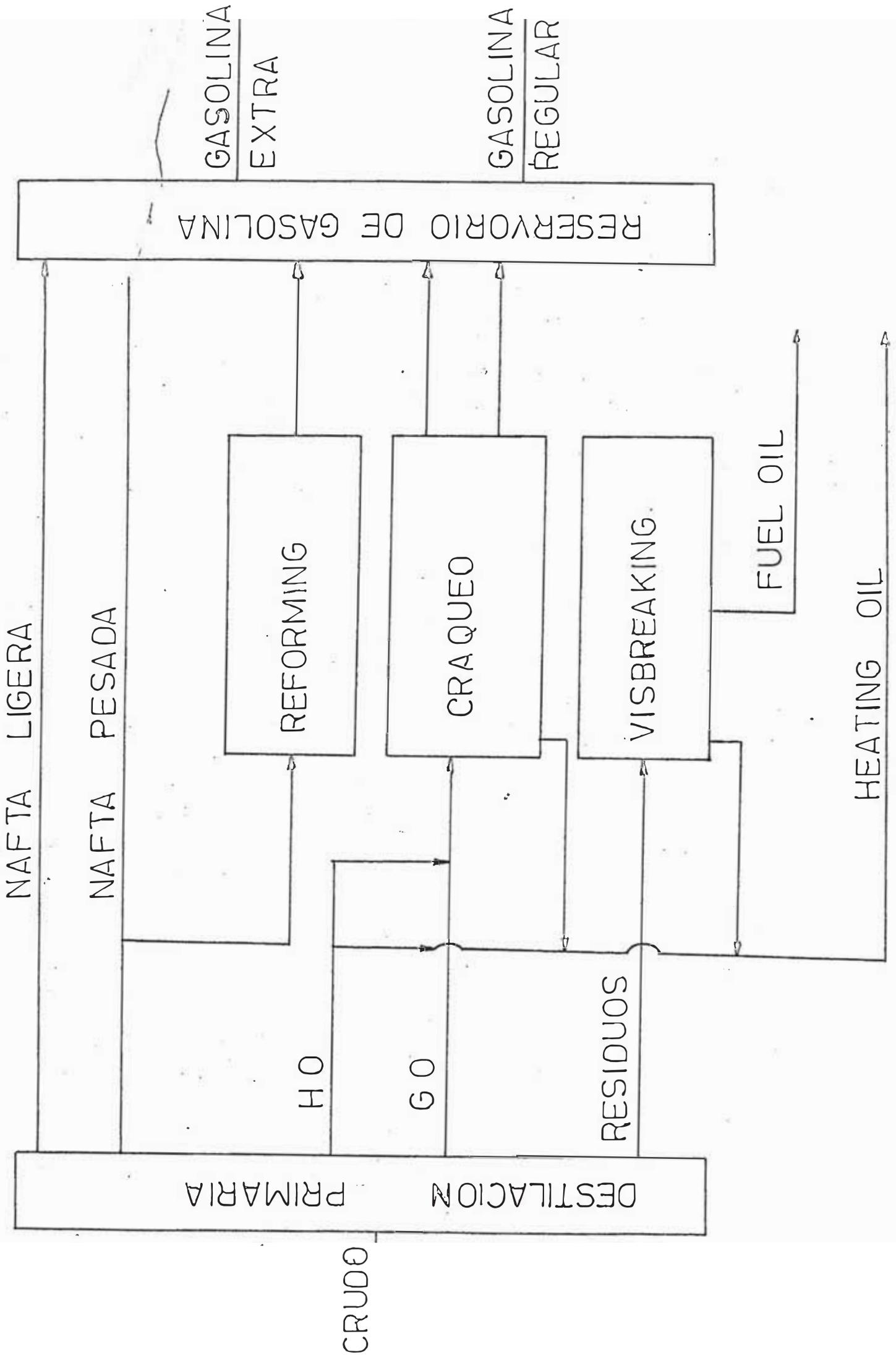
Para comprender lo que es una refinación del petróleo hay que imaginarse una estación donde se encuentra el equipo para hacer una destilación primaria, una estación donde se hace el cracking, una estación donde se hace el visbreaking, una estación donde se hace la reforma i una estación que se denomina simplemente pozo de gasolina. Esta última estación se le considera para las mezclas

La naturaleza bota un petróleo que se denomina petróleo crudo, este petróleo crudo se somete a la destilación primaria i viene a ser fraccionado en un cierto número de productos entre ellos los mas importante son cinco que son en primer lugar la nafta ligera en segundo lugar la nafta pesada en tercer lugar el gas oil en cuart

to lugar el heating oil i en quinto lugar el residuo. Ahora bien estos productos posteriormente son tratados i como resultado de la refinación encontramos los siguientes productos importantes la gasolina extra, la gasolina regular el heating oil i el aceite combustible.

Tanto la gasolina regular como la extra se componen de naftas entre estas citaremos la ligera i la pesada. De la primera destilación sacamos una nafta ligera, esta puede seguir diversos caminos de frente ir al pozo donde es tratada i va a dar origen a la gasolina o también ir al pozo donde es tratada i va a dar origen a la gasolina o también ir a la estación de crackeo, en mayor cantidad es mandada de frente al pozo. La nafta pesada que es también un producto de la destilación primaria puede ser mandada a toda a la estación de Reforming o solo una parte. Es bueno destacar que cuando se manda la pesada a Reforming ocurre que adquiere una propiedad especial llamándose en ese instante nafta pesada reformada luego es ta nafta pesada reformada es mandada al pozo donde va a ser tratada i va dar origen a una gasolina de mayor octanaje que una nafta pesada sin ser reformada. El heating oil es un producto de la destilación primaria , ahora el gas oil va al cracking i obtenemos mas heating oil que va a unir al heating oil de la destilación primaria. Del mismo residuo obtenemos mas heating oil mandándolo a la estación de Visbreaker de

Parte del mismo heating oil es mandado a la estación de Cracking de donde sale heating oil con alguna especialización . Todo esto se aprecia en el gráfico. El residuo de la destilación primaria cuando es enviado a visbreaker produce aceite combustible heating oil i nafta visbreaker



Programación Lineal encuentra un bonito campo de acción en la refinación del petróleo y en la mezcla de gasolinas. Mediante ella llevamos las mezclas de las gasolinas de una manera tal que obtenemos una máxima utilidad. Los productos que salgan de la refinación deben salir con las especificaciones que le da la Programación lineal. Así esta le fija la Presión de vapor, el octano de la vaporización o sea la volatilidad. La Programación lineal también efectúa problemas en petróleo tales como la asignación de crudo a las distintas refinerías y el Nº de barriles diarios anuales que se deben producir de cada producto

### BENEFICIO

El objetivo de nuestro estudio encontrar el máximo beneficio en una refinación.

El beneficio se compone así:

Beneficio = Dinero que importa la venta de los productos - el dinero que importa el gasto.

En el gasto está considerado el costo del petróleo crudo, el costo del TEL y el costo en si particular de la operación de refinado donde desde luego está incluido el gasto de maquinarias transportes pago a los empleados y un sinnúmero de gastos.

Ahora que se habla del beneficio importa y se debe hablar del fuel oil denominado también aceite combustible.

Debe saberse que dentro de los productos que se encuentran en la refinación como son la gasolina regular la extra el heating oil y el fuel oil es que el que cuesta menos en el mercado es el fuel oil y su precio de venta es inferior al precio de venta del petróleo crudo. Esto es lógico suponer puesto que el petróleo crudo va a dar lugar por refinación a un sinnúmero de productos

Se aprovecha como combustible para prender hornos etc . Para el beneficio se va a considerar la venta de todos los productos cuyo precio de venta sea superior al del Fuel Oil Por consiguiente nuestra fórmula queda así.

Beneficio= Venta de productos cuyo precio de venta sea mayor que el precio de venta del fuel oil- lo que importa el gasto del petroleo crudo- lo que importa el gasto en TEL- el importe de la operación.

Todo problema de Programación lineal exige que existan ciertas limitaciones ; en el problema tenemos que el crudo a refinarse debe ser mayor que una cantidad mínima por que si no lo es no entra a refinación, puede también ser igual El crudo máximo a refinarse es igual a la capacidad del equipo

Capacidad mínima  $\leq$  crudo  $\leq$  capacidad para el proceso

La gasolina regular debe producirse menor o igual al requerimiento

La gasolina extra debe producirse menor o igual al requerimiento en cambio el petroleo caliente debe producirse igual al requerimiento

La proporción de crudo está limitada entre la operación mínima practicada sin que se deje nada shutting down i la operación máxima limitada por el equipo.

La producción de petroleo caliente igualará al máximo requerimiento si la aprovechabilidad i beneficios son suficientes. En este problema está asumido que la aprovechabilidad del petroleo caliente al canzará el máximo requerimiento

La producción de gasolina regular i gasolina extra dependerá de las mezclas que se hagan con sus distintos componentes siendo llevada estas mezclas de tal suerte que se satisfagan ciertas especificaciones las cuales son unas restricciones, de tal suerte que las mezclas no pueden llevarse de cualquier manera

sino que están restringidas a ciertas especificaciones de mezclas que veremos mas adelante.

Precisamente estas especificaciones podrían hacer posible que muchas veces no sea factible utilizar todas las cantidades de los componentes para hacer la mezcla

Las mezclas de los componentes para obtener gasolinas regular extra i heating oil involucra que algunas veces va a descartarse ciertos componentes a fuel oil ya que en algunos casos es mas beneficioso hacer esto

No es cierto además que es beneficioso incrementar la cantidad de crudo a refinar a fin de encontrar o satisfacer todos los requerimientos porque en este caso está limitada el crudo a refinarse por un límite superior.

En todo caso se puede sacar una conclusión del estudio que se haga con respecto a que si debemos o no incrementar la capacidad de refinación

## ESPECIFICACIONES DE CALIDAD

El problema de refinación de petroleo exige cumplir ciertas especificaciones de calidad como en todos los problemas de refinación tales especificaciones pueden tener la forma de mínimas o la forma de máximas

Las especificaciones de calidad mínimas toman la siguiente forma

$$\sum ( \text{calidad mezclada de cada componente} \times \text{cantidad mezclada de cada componente usado en la mezcla} ) \geq (\text{especificación}) (\text{cantidad mezclada})$$

Es lógico el signo  $\geq$  porque lo mínimo significa que tiene que superar una cantida mínima

Las especificaciones de calidad máximas toman la siguiente forma

Suma (calidad del componente mezclado) ( cantidad del componente mezclado)  $\leq$  (especificación) cantidad mezclada.

Es lógico el signo  $\leq$  porque lo máximo significa que tiene que ser inferior a una cierta cantidad máxima

Las anteriores especificaciones tanto la mínima como la máxima pueden ser reducidas a a las formas siguientes siendo estas formas simplificadas

Para la especificación mínima----- Fórmula A

Suma ( Mínima especificación - calidad del componente mezclado) ( cantidad del componente mezclado)  $\leq 0$

Para la especificación máxima .....Fórmula B

Suma( calidad del componente mezclado- máxima especificación) ( cantidad del componente mezclado)  $\leq 0$

En seguida pasaremos a ilustrar el problema que se tiene entre manos!

P R O B L E M A

ENUNCIADO: *20*

Se tiene una refinería donde se va a refinar crudo siendo la cantidad de barriles diarios de crudo a refinarse la que viene ilustrada por la siguiente expresión

$$100,000 \leq \text{CRUDO} \leq 125,000$$

Se refina este crudo para producir gasolina regular, extra, i heating oil

REQUERIMIENTOS EN EL PROBLEMA

PRODUCCION DE GASOLINA REGULAR	$\leq$	38,000 barriles diarios
PRODUCCION DE GASOLINA EXTRA	$\leq$	30,000 barriles diarios
PRODUCCION DE HEATING OIL	$=$	27,000 barriles diarios

RESTRICCIONES DE ESPECIFICACIONES DE CALIDAD EN EL PROBLEMA

En este problema tenemos las siguientes especificaciones de calidad

Para la GASOLINA REGULAR

Suma ( Presión de vapor del componente mezclado- 10) ( cantidad del componente mezclado  $\leq$  0

Suma ( 30-Volatilidad del componente mezclado en %/ 200<sup>o</sup> F) (Cantidad del componente mezclado  $\leq$  0

Suma( 70 - Volatilidad del Componente mezclado en %/ 300 <sup>o</sup> F) ( cantidad del componente mezclado  $\leq$  0

4<sup>o</sup>

Suma(90 - Octanaje del componente mezclado) (Cantidad del componente mezclado  $\leq$  0

Nótese que la 1<sup>a</sup> especificación es máxima y que las otras 3 son mínimas

## PARA LA GASOLINA EXTRA

1º

Suma (Presión de vapor del componente mezclado -10)( Cantidad del componente mezclado  $\leq$  0

Suma ( 42.5 - Volatilidad en %/200 °F del componente en la mezcla ) ( cantidad del componente en la mezcla )  $\leq$  0

Suma ( Volatilidad en % /200 ° F del componente en la mezcla) - 52 ) ( cantidad del componente en la mezcla )  $\leq$  0

4º

Suma( 86 - Volatilidad en %/300 °F del componente en la mezcla) ( cantidad del componente en la mezcla  $\leq$  0

5º

Suma( 94 - Octanaje del componente en la mezcla) ( Cantidad del componente en la mezcla  $\leq$  0

Obsérvese que la 1º i la 3º son especificaciones máximas que la 2º 4º i 5º son especificaciones mínimas

Debe saberse que siempre es mas benéfico trabajar a la máxima especificación de Presión de vapor tanto cuando se va a manufacturar Gasolina regular o gasolina extra por consiguiente haremos las dos gasolinas con una Presión de vapor de 10

Por consiguiente de acuerdo a las fórmulas A i B dadas anterior

mente de especificaciones mínimas i máximas deducimos que pasa

GASOLINA REGULAR

Máxima especificación de Presión de vapor = 10

Mínima especificación de volatilidad en % / 200°F = 30

Mínima especificación de volatilidad en % / 300°F = 70

Mínima especificación de Octanaje = 90

Por consiguiente

Presión de vapor = 10

Volatilidad en % / 200°F ≥ 30

Volatilidad en % / 300°F ≥ 70

Octanaje ≥ 90

Que son las especificaciones para la Gasolina regular o lo que es lo mismo los requisitos que debe cumplir la gasolina regular que se manufacture

Por las mismas fórmulas deducimos que para la

GASOLINA EXTRA

Máxima especificación de Presión de vapor = 10

Mínima especificación de Volatilidad en % / 200°F = 42.5

Máxima especificación de Volatilidad en % / 300°F = 53

Mínima especificación de Volatilidad en % / 300°F = 86

Mínima especificación de octanaje = 94

Obsérvese que la Gasolina extra tiene 2 especificaciones para la Volatilidad en %/200°F una máxima 53 y una mínima 42.5

Lo anterior en símbolos

$$\begin{array}{l}
 \text{PRESION DE VAPOR} = 10 \\
 42.5 \leq \text{Volatilidad en \% / 200}^\circ\text{F} \leq 53 \\
 \text{VOLATILIDAD EN \% / 300}^\circ\text{F} \geq 86 \\
 \text{OCTANAJE} \geq 94
 \end{array}$$

Los requisitos anteriores son los que debe tener la Gasolina extra cuando se fabrique

#### OPERACIONES

En este problema tenemos 2 operaciones

Una operación base que obra refinando obligadamente 100,000 barriles diarios y una operación adicional que refina a lo máximo 25,000 barriles diarios

Por consiguiente

$$\begin{array}{l}
 \text{OPERACION ADICIONAL} \leq 25,000 \\
 \text{OPERACION BASE} \leq 100,000
 \end{array}$$

En seguida nombraremos un cuadro para la operación base donde se aprecia los distintos componentes de la gasolina con sus características

CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES QUE SALEN DE LA REFINACION BASICA

TABLA A

-----		PAG 24.-		OCTANAJE	
	Porcentaje	Volatil ε %/200°F	Volat %/300°F	REGUL	EXTRA
NAFTA LIGER	16.9	73.5	96	87.3	91.1
Nafta Pesada	14.5	10.5	46	81	81.1
Nafta ligera crackead	15.8	72.5	98	96.6	97.3
Nafta Pesada crackeada	5.8	-5.5	12	92.3	92.7
Nafta Visbreake	2.	26.5	56	86.5	87.4

CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES QUE SALEN DE LA OPERACION  
ADICIONAL

TABLA B

	%				
Nafta ligera	16.9	73.5	96.0	87.3	91.1
Nafta pesada	14.5	10.5	46.0	81.0	81.1
L.C. N.	41.1	44.5	84.0	95.5	95.8
H.C.N.	14.3	-7.5	9.0	91.1	90.5
V.N.	2.0	26.5	56.0	86.5	87.4

Obsérvese que la L.N. de la operación base tiene las mismas características que la L.N. de la operación adicional. Igual cosa acontece con la Nafta pesada H.N y la V.N o sea la nafta visbreaker

Esta similitud facilitará las mezclas que se hagan con estos componentes como se verá mas adelante

Si comparamos la tabla B con la tabla A veremos que las naftas crackeadas de la tabla B o sea de la operación adicional salen en mayor porcentaje que las crackeadas de la operación base tal fenómeno se debe a que se ejecutan en la operación adicional un crackeo adicional hecho sobre el heating oil con el objeto de mantener la producción de este constante. Operando de esta manera no produciremos mas heating oil sino que toda la cantidad de heating oil saldrá de la operación base.

## REFORMACION

En lo lugar lo que mandamos a reformar es solamente nafta pesada pero la cantidad que podemos reformar diariamente está limitada en este problema por la capacidad de reforma

## CAPACIDAD DE REFORMA

	diarios	15,000
Barriles reformados		

## CLASES DE REFORMA

## REFORMA LIGERA

Esta es una operación donde el reformado sale con las características que figuran en la tabla C .

## REFORMA SEVERA

Esta es una operación donde el reformado sale con las características que también figuran en la tabla C

P A R T E.-

P L A N T E O D E L

P R O B L E M A.-

---

INTRODUCCION.- En esta 1° parte se analiza el problema, considerándose en total 37 variables o incógnitas. También se forman las distintas ecuaciones alcanzan a un NS/ de 18. Posteriormente se forma la matriz correspondiente, dejándose planteado el problema para que luego la computadora se encargue de solucionarlo.

---

Pasaremos a enunciar las distintas variables que existen en el problema

DISTINTAS VARIABLES EXISTENTES EN EL PROBLEMA

- X<sub>1</sub>..... Nafta ligera para hacer fuel oil
- X<sub>2</sub>..... Nafta pesada para hacer fuel oil
- X<sub>3</sub>..... Nafta ligera crackeada de la operación base para hacer fuel oil
- X<sub>4</sub>..... Nafta pesada crackeada de la operación base para hacer fuel oil
- X<sub>5</sub>..... Nafta ligera crackeada de la operación adicional destinada a fuel oil
- X<sub>6</sub>..... Nafta pesada crackeada de la operación adicional destinada a fuel oil
- X<sub>7</sub>..... Nafta Visbreaker destinada a fuel oil
- X<sub>8</sub>..... Es el slack, requerimiento no proporcionado de la gasolina regular
- X<sub>9</sub>..... Es el slack, requerimiento no proporcionado de la gasolina extra

- X<sub>10</sub>.....Giveway de la especificación límite x los barriles diarios obtenidos de Gasolina Regular . Relacionada con su Volatilidad %/ 200 ± F
- X<sub>11</sub>.....Giveway de la especificación límite x los barriles diarios obtenidos de Gasolina regular. Relacionada con su Volatilidad en % / 300 ± F
- X<sub>12</sub>.....Giveway de la especificación límite x los barriles diarios obtenidos de Gasolina extra. Relacionada con su Volatilidad %/ 200±F
- X<sub>13</sub> ..... Giveway de la especificación límite x los barriles diarios obtenidos de Gasolina extra. Relacionada con su Volatilidad % 200±F
- X<sub>14</sub>.....Giveway de la especificación límite x los barriles diarios obtenidos de Gasolina extra. Relacionada con su Volatilidad %/300± F
- X<sub>15</sub>.....Giveway del octanaje x los barriles diarios obtenidos de Gasolina regular. El giveway estará dado en unidades de octanaje
- X<sub>16</sub>.....Giveway del octanaje x los barriles diarios obtenidos de Gasolina extra. El giveway estará dado en unidades de octanaje



- X<sub>27</sub>.....Nafta pesada destinada a severa  
reforma para Gasolina extra
  
- X<sub>28</sub>..... Nafta ligera crackeada de la o-  
peración base destinada para  
Gasolina regular
  
- X<sub>29</sub>..... Nafta ligera crackeada de la o-  
peración base destinada para  
Gasolina extra
  
- X<sub>30</sub>..... Nafta pesada crackeada destina-  
da a gasolina regular
  
- X<sub>31</sub>..... Nafta pesada crackeada de la ope-  
ración base destinada a gasolina  
extra
  
- X<sub>32</sub>..... Nafta ligera crackeada de la opera-  
ción adicional destinada a Gaso-  
lina regular
  
- X<sub>33</sub>..... Nafta ligera crackeada de la opera-  
ción adicional destinada a Gaso-  
lina extra

X<sub>34</sub>.....Nafta pesada crackeada de la operaci-  
ón adicional destinada para Gaso-  
lina regular

X<sub>35</sub>.....Nafta pesada crackeada de la operaci-  
ón adicional destinada para Gasolina  
extra

X<sub>36</sub>..... Nafta Visbreaker de la operación  
adicional destinada para Gasolina  
~~extra~~ regular

X<sub>37</sub>..... Nafta Visbreaker de la operación  
adicional destinada para Gasolina  
extra

LAS DISTINTAS VARIABLES Y SUS ESPECIFICACIONES

VARIABLE  $X_1$

Volatil %/200ºf = 73.5  
 Volatil. %/300º F = 95  
 Octanaje Gasol Reg.= 87.3  
 Octanaje Gasol.Extra= 91.1

VARIABLE  $X_3$

Volatil. % / 200ºf = 72.5  
 Volatil % / 300ºF = 98  
 Octanaje Gasol Reg = 96.6  
 Octanaje Gasol Extra= 97.3

VARIABLE  $X_5$

Volatil %/200 º F = 44.5  
 Volatil %/ 300ºF = 84  
 Octanaje Gasol Reg = 95.5  
 Octanaje Gasol Extra= 95.8

VARIABLE  $X_7$

Volatil % / 200º F = 26.5  
 Volatil % / 300ºF = 56.0  
 Octanaje Gasol Reg  
 Octanaje Gasol Extra=

VARIABLE  $X_2$

Volatil % / 200º F = 10.5  
 Volatil% / 300º F = 46.0  
 Octanaje Gasol Reg 81.0  
 Octanaje Gasol extra= 81.1

VARIABLE  $X_4$

Volatil % /200º F = -5.5  
 Volatil % /300ºF 12  
 Octanaje Gasol Reg = 92.3  
 Octanaje Gasol Extra= 92.7

VARIABLE  $X_6$

Volatil%/200º F = -7.5  
 Volatil %/200 ºF = 9.0  
 Octanaje Gasol Reg 91.1  
 Octanaje Gasol Extra= 90.5

VARIABLE  $X_8$

Volatil %/200ºF = no tiene  
 Volatil % /300ºF = no tiene  
 Octanaje Gasol Reg = no tiene  
 Octanaje Gasol Extra=no tiene

Como se aprecia la variable  $X_8$  no tiene especificaciones ya que es una variable de holgura, en igual situación se encuentran las variables que van desde  $X_9$  a  $X_{18}$ ; la misma variable  $X_{18}$  no tiene especificaciones.

VARIABLE X<sub>20</sub>

Volatil % / 200 ° F = 73.5  
 Volatil % / 300 ° F = 96.0  
 Octanaje Gasol Reg = 87.3  
 Octanaje Gasol Extra = 91.1

VARIABLE X<sub>22</sub>

Volatil %/200°F = 10.5  
 Volatil %/300°F = 46.0  
 Octanaje Gasol Reg = 81.0  
 Octanaje Gasol. Extra = 81.1

VARIABLE X<sub>24</sub>

Volatil %/200 °F = 10.5  
 Volatil % / 300 ° F = 62.0  
 Octanaje Gasol. Regu = 92.9  
 Octanaje Gasol Extra = 94.3

VARIABLE X<sub>26</sub>

Volatil %/200°F = 15.5  
 Volatil % / 300 °F = 62.0  
 Octanaje Gasol Reg = 94.3  
 Octanaje Gasol extra = 96.0

VARIABLE X<sub>21</sub>

Volatil %/ 200°F = 73.5  
 Volatil %/ 300°F = 96.0  
 Octanaje Gasol Reg = 87.3  
 Octanaje Gasol Extra = 91.1

VARIABLE X<sub>23</sub>

Volatil. %/200 °F = 10.5  
 Volatil %/200°F = 46.0  
 Octanaje Gasol. Reg = 81.0  
 Octanaje Gasol. Extra = 81.1

VARIABLE X<sub>25</sub>

Volatil. % / 200°F = 10.5  
 Volatil % / 300 °F = 62.0  
 Octanaje GasolRegu = 92.9  
 Octanaje Gasol Extra = 94.3

VARIABLE X<sub>27</sub>

Volatil % / 200 °F = 15.5  
 Volatil % / 300 ° F = 62.0  
 Octanaje Gasol Reg = 94.3  
 Octanaje Gasol. extra = 96.0

E C U A C I O N E S

FORMACION DE LAS ECUACIONES

FORMACION DE LA 1ª ECUACION

$$16,900 = X_1 - 0.169 X_{19} + X_{20} + X_{21}$$

Esta ecuación como ya se ha dicho es el destino de la nafta ligera

EXPLICACION

La nafta ligera la proporciona la refinación básica i la refinación adicional

La refinación básica arroja sobre los 100,000 barriles un rendimiento del 16.9 % o sea que cuando refinamos 100,000 barriles obtenemos 16,900 barriles de nafta pero no sabemos cuantos barriles de nafta nos va a proporcionar la refinación adicional puesto que ignoramos los barriles a refinarse en la operación adicional y que vamos a llamar  $X_{19}$ . Lo que si sabemos es que en la operación adicional el rendimiento para nafta ligera es también 16.9 %. Por consiguiente la cantidad de nafta de la operación adicional sera  $0.169 X_{19}$

La nafta se destina como integrante del fuel oil, de la gasolina regular y de la gasolina extra

Nada para reforma

Por consiguiente la ecuación es

Nafta a Fuel oil + Nafta ligera para Gasolina Regular + Nafta ligera para Gasol. Extra =  $16,900 + 0.169 X_{19}$

Expresando en variables . . . . .

$$X_1 + X_{20} + X_{21} = 16,900 + 0.169 X_{19}$$

Pasando al 1º miembro 0.169 tenemos

$16,900 - 0.169 X_{19} + X_{20} + X_{21}$  que es la 1ª ecuación i que figura en la matriz

FORMACION DE LA 2ª ECUACION

$$14,500 = X_2 - 0.169 X_{19} + X_{22} + X_{23} + 1.160 X_{24} + 1.160 X_{25} + 1.239 X_{26} + 1.239 X_{27}$$

EXPLICACION

Esta ecuación establece la producción de la nafta pesada de los 10,000 barriles ( Rendimiento como se aprecia en el cuadro es 14.5 %) o sea 14,500 barriles y laproducción a partir de la operación adicional. Con el mismo criterio anterior la nafta pesada en este caso es  $0.169 X_{19}$

Destino de la Nafta pesada

Una parte a Fuel Oil  $X_2$

Otra parte a Gasolina Regular  $X_{22}$

Otra parte a Gasolina extra  $X_{23}$

Otra parte a la estación de ligera reforma  $1/ 0.862 X_{24}$

La estación de ligera reforma tiene un rendimiento de 0.862

barriles por cada barril que reformamos. Sea  $X_{24}$  la cantidad de barriles ya reformados para Gasolina regular Por consiguiente podemos establecer la siguiente regla de tres

Se manda ( barriles)	Reformados (barriles)
1 .....	0.862
Y .....	$X_{24}$

De donde  $Y = \frac{1}{0.862} X_{24}$  la cantidad que se manda

Otra parte a la estación de ligera reforma para Gasolina extra

La cantidad que se manda es  $\frac{1}{0.862} X_{25}$  obtenido

bajo la misma regla de tres anterior.

Otra parte a la estación de reforma severa para Gasolina regular

La estación de severa reforma tiene un rendimiento de 0.807

Si llamamos  $X_{27}$  la cantidad de barriles ya reformados severamente para gasolina extra, la cantidad de barriles que se manda es  $\frac{1}{0.807} X_{27}$  (Regla de tres)

Si llamamos  $X_{26}$  la cantidad de barriles ya reformados severamente para gasolina regular, la cantidad de barriles que se manda es  $\frac{1}{0.807} X_{26}$  (Regla de tres)

Haciendo un balance

$$X_2 + X_{22} + X_{23} + \frac{1}{0.862} X_{24} + \frac{1}{0.862} X_{25} + \frac{1}{0.807} X_{26}$$

$$+ \frac{1}{0.807} X_{27} \quad 14,500 + 0.145 X_{19}$$

La misma ecuación se puede escribir así:

$$14,500 = X_2 - 0.145 X_{19} + X_{22} + X_{23} + 1.160 X_{24} + 1.160 X_{25} \\ + 1.239 X_{26} + 1.239 X_{27} \quad \text{que es la 2ª ecuación}$$

y que figura en la matriz

FORMACION DE LA 3ª ECUACION

$$15,800 = X_3 + X_{28} + X_{29}$$

EXPLICACION

Esta ecuación es para la nafta ligera que ha sido crackeada en la operación base

Sobre 100,000 barriles Rendimiento 15.8 = 15,800 barriles

Una parte va a fuel oil  $X_3$

Otra parte va a Gasolina Regular  $X_{28}$

Otra parte va a Gasolina extra  $X_{29}$

Por consiguiente al distribución de los 15,800 barriles es

$$15,800 = X_3 + X_{28} + X_{29} \quad \text{que es la 3ª ecuación i que también figura en la matriz}$$

FORMACION DE LA 4ª ECUACION

$$5,800 = X_4 + X_{30} + X_{31}$$

EXPLICACION

Esta ecuación es para la nafta pesada crackeada

5,800 son los barriles que obtenemos de Nafta pesada

crackeada a partir de 100,000 barriles de crudo. Véase  
 table rendimiento Operación base = 5.8 %

Una parte de los 5,800 va a fuel oil  $X_4$

Otra parte de los 5,800 va a Gasolina Regular  $X_{30}$

Otra parte de los 5,800 va a Gasolina Extra  $X_{31}$

Por consiguiente la distribución es

$$5,800 = X_4 + X_{30} + X_{31} \quad \text{que es la 4ª ecuación}$$

i que también figura en la matriz

FORMACION DE LA 5ª ECUACION

$$0 = X_5 - 0.411 X_{19} + X_{32} + X_{33}$$

EXPLICACION

Esta ecuación es para la nafta ligera crackeada obtenida en la OPERACION ADICIONAL

Véase tabla rendimiento de la operación adicional 41.1%

Por consiguiente los barriles de L C. N. =  $0.411 X_{19}$

Una parte de los  $0.411 X_{19}$  barriles va a fuel oil  $X_5$

Otra parte va a Gasolina regular  $X_{32}$

Otra parte va a Gasolina extra  $X_{33}$

Por consiguiente la distribución de los  $0.411 X_{19}$  barriles es

$$0.411 X_{19} = X_5 + X_{32} + X_{33}$$

La misma ecuación se puede escribir así

$$0 = X_5 - 0.411 X_{19} + X_{32} + X_{33} \quad \text{que es la 5ª ecuación}$$

i que también figura en la matriz

FORMACION DE LA 6ª ECUACION

$$0 = X_6 - 0.143 X_{19} + X_{34} + X_{35}$$

Explicacion

Esta ecuación se refiere al balance de la nafta pesada crackeada obtenida de la operación adicional

Por tabla

Barriles producidos de Nafta Pesada crackeada =  $0.143 X_{19}$

Una parte va a fuel oil  $X_6$

Otra parte va a Gasolina Regular  $X_{34}$

Otra parte va a Gasolina extra  $X_{35}$

Por consiguiente la distribución de los  $0.143 X_{19}$  barriles es

$$0.143 X_{19} = X_6 + X_{34} + X_{35}$$

La misma ecuación se puede escribir así

$$0 = X_6 - 0.143 X_{19} + X_{34} + X_{35} \quad \text{que es la 6ª ecuación}$$

i que también figura en la matriz

FORMACION DE LA 7ª ECUACION

$$2,000 = X_7 - 0.020 X_{19} + X_{36} + X_{37}$$

EXPLICACION

Esta ecuación se refiere al balance de nafta visbreaker

obtenido de la operación adicional

De acuerdo al rendimiento 2% en la operación base obtenemos 2,000 barriles de N. V.

En la operación adicional de acuerdo al rendimiento obtenemos  $0.020 X_{19}$  barriles

De este conjunto :

Una parte va a fuel oil  $X_7$

Otra parte va a Gasolina Regular  $X_{36}$

Otra parte va a Gasolina Extra  $X_{37}$

Por consiguiente la distribución de los 2,000 i  $0.020 X_{19}$  barriles de N. V. es

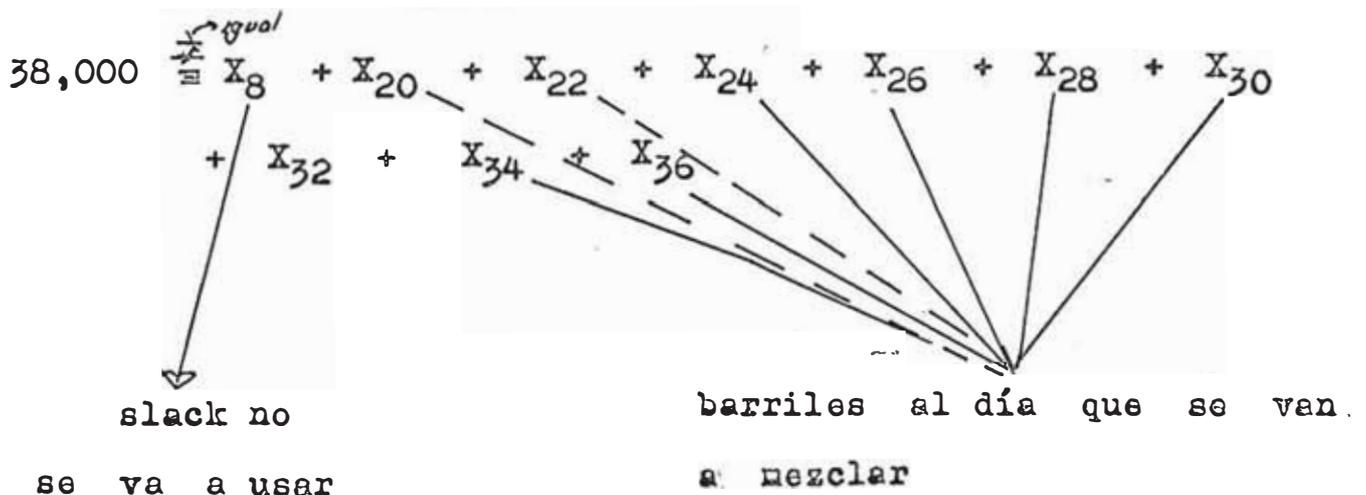
$$2,000 + 0.020 X_{19} = X_7 + X_{36} + X_{37}$$

O lo que es lo mismo

$$2,000 = X_7 - 0.020 X_{19} + X_{36} + X_{37} \quad \text{que es la 7ª ecuación}$$

i que también figura en la matriz

FORMACION DE LA 8ª ECUACION



EXPLICACION

En principio existía una desigualdad que podríamos escribir

asb

$$38,000 \geq X_{20} + X_{22} + X_{24} - X_{26} + X_{28} + X_{30} + X_{32} + X_{34} + X_{36}$$

Para resolver esta desigualdad por el método simplex tenemos que convertirla en igualdad. Para tal efecto lo que hacemos es sumarle al 2º miembro una variable  $X_8$  tal que compense la desigualdad. Por consiguiente ya tenemos una igualdad

$$38,000 = X_8 + X_{22} + X_{20} + X_{24} + X_{26} + X_{28} + X_{30} + X_{32} + X_{34} + X_{36}$$

Al mezclar los diferentes barriles que corresponden a cada variable vamos a obtener una cantidad de barriles que corresponden a Gasolina regular

Los componentes que vamos a usar son

Nafta ligera

Nafta pesada

Nafta pesada reformada ligeramente

Nafta pesada reformada severamente

Nafta ligera crackeada de la Operación base

Nafta pesada crackeada de la Operación Base

Nafta ligera Crackeada de la Operación adicional

Nafta pesada crackeada de la Operación Adicional

Nafta Visbreaker

De <sup>38,000</sup> nafta ligera tenemos para mezclar  $X_{20}$  barriles

De nafta pesada tenemos para mezclar  $X_{22}$  barriles

De nafta pesada reformada ligeramente tenemos para mezclar  $X_{24}$  barriles

De nafta pesada reformada severamente tenemos para mezclar  $X_{26}$  barriles

DE L. C. N. tenemos  $X_{28}$  barriles

DE H.C.N tenemos  $X_{30}$  barriles

De L. C. N. de la operación adicional tenemos  $X_{32}$  barriles

De H.C.N. de la operación adicional tenemos  $X_{34}$  barriles

DE V. N. tenemos  $X_{36}$  barriles

Por consiguiente si mezclamos todas estas variables tenemos

$$X_{20} + X_{22} + X_{24} + X_{26} + X_{28} + X_{30} + X_{32} + X_{34} + X_{36}$$

barriles de Gasolina regular

Esta cantidad resultante para fines de plantear el problema es  $\leq 38,000$  barriles

Agregando el slack  $X_8$  tenemos una igualdad

$$X_8 + X_{20} + X_{22} + X_{24} + X_{26} + X_{28} + X_{30} + X_{32}$$

$$+ X_{34} + X_{36} = 38,000 \text{ que es la 9a ecuación i que también}$$

figura en la matriz

Nota: Este slack  $X_8 \geq 0$

FORMACION DE LA 9a ECUACION

$$30,000 = X_9 + X_{21} + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31}$$

$$+ X_{33} + X_{35} + X_{37}$$

slack que no se va a usar

barriles al día que se van a mezclar

Componentes de la Gasolina Extra

Nafta ligera

Nafta pesada

Nafta pesada reformada ligeramente

Nafta pesada reformada severamente

Nafta ligera crackeada de la operación base

Nafta pesada crackeada de la operación base

Nafta ligera crackeada de la operación adicional

Nafta pesada crackeada de la operación adicional

Nafta Visbreaker

DE cada uno de estos componentes tenemos

$X_{21}$   $X_{23}$   $X_{25}$   $X_{27}$   $X_{29}$   $X_{31}$   $X_{33}$   $X_{35}$  i  $X_{37}$  barriles respectivamente

Mezclando estos barriles

$$X_{21} + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37}$$

Para fines de plante el problema la mezcla debe ser

$$\leq 30,000$$

Por consiguiente

$$X_{21} + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37} \leq 30,000$$

Transformémosla en igualdad añadiéndole el slack (variable de holgura)  $X_9$

$$X_9 + X_{21} + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37} = 30,000$$

que es la 9ª ecuación

i que también figura en la matriz

FORMACION DE LA 10 º ECUACION

$$0 = X_{10} - 43.5 X_{20} + 19.5 X_{22} + 19.5 X_{24} + 14.5 X_{26} - 42.5 X_{28} + 35.5 X_{30} - 14.5 X_{32} + 37.5 X_{34} + 3.5 X_{36}$$

EXPLICACION

Veamos la especificación para la Volatilidad de la Gasolina Regular

Suma ( 30- Volatil. %/200º F del comp. ) ( cantidad del componente)  $\geq 0$

Componentes de la Gasolina Regular

Nafta ligera  $X_{20}$

Nafta pesada  $X_{22}$

Nafta pesada reformada ligeramente  $X_{24}$

Nafta pesada reformada severamente  $X_{26}$

Nafta ligera crackeada de la operación base  $X_{28}$

Nafta pesada crackeada de la operación base  $X_{30}$

Nafta ligera crackeada de la operación adicional  $X_{32}$

Nafta pesada crackeada de la operación adicional  $X_{34}$

Nafta Visbresker  $X_{36}$

La gasolina regular resultante debe reunir la característica de que su Volatil. %/200º F debe ser mayor o igual a 30.

Por consiguiente estos componentes no se pueden mezclar de cualquier manera sino hacerlo de tal modo que la volatilidad de la gasolina resultante debe ser mayor o igual a 30

Examinemos las distintas variables que confluyen para formar la gasolina regular: De la tabla de las variables i sus

especificaciones obtenemos para

$X_{20}$  Volatil. % / 200 g F = 73.5 por barril

$X_{22}$  Volatil. % / 200 g F = 10.5 por barril

$X_{24}$  Volatil. % / 200 g F = 10.5 por barril

$X_{26}$  Volatil. % / 200 g F = 15.5

$X_{28}$  Volatil. % / 200 g F = 72.5

$X_{30}$  Volatil % / 200g F = -5.5

$X_{32}$  Volatil. % / 200 g F = 44.5

$X_{34}$  Volatil % / 200 g F = - 7.5

$X_{36}$  Volatil. % / 200 g F = 26.5

Si en un barril de  $X_{20}$  tenemos 73.5 de volatilidad en los  $X_{20}$  barriles habrá 73.5  $X_{20}$  de Volatil % / 200gF

Del mismo modo en los  $X_{22}$  barriles habrá 10.5  $X_{22}$  de volatilidad

De igual manera

10.5  $X_{24}$ , 15.5  $X_{26}$ , 72.5  $X_{28}$ , -5.5  $X_{30}$ , 44.5  $X_{32}$  - 7.5  $X_{34}$   
26.5  $X_{36}$

Nótese que c/u de estos productos en volatilidades Mezclando tenemos

10.5  $X_{24}$  + 15.5  $X_{26}$  + 72.5  $X_{28}$  - 5.5  $X_{30}$  + 44.5  $X_{32}$   
+ 73.5  $X_{20}$  + 10.5  $X_{22}$  - 7.5  $X_{34}$  + 26.5  $X_{36}$

La mezcla debe realizarse de tal manera que

$30(X_{20} + X_{22} + X_{24} + X_{26} + X_{28} + X_{30} + X_{32} + X_{34} + X_{36})$   
<  $73.5 X_{20} + 10.5 X_{22} + 10.5 X_{24} + 15.5 X_{26} + 72.5 X_{28}$   
- 5.5  $X_{30}$  + 44.5  $X_{32}$  - 7.5  $X_{34}$  + 26.5  $X_{36}$

Añadiendo la variable  $X_{10}$  para que haya igualdad tenemos

$$30 ( X_{20} + X_{22} + X_{24} + X_{26} + X_{28} + X_{30} + X_{32} + X_{34} + X_{36} )$$

$$= X_{10} + 73.5 X_{20} + 10.5 X_{22} + 10.5 X_{24} + 15.5 X_{26} +$$

$$72.5 X_{28} - 5.5 X_{30}$$

Efectuando tenemos

$$0 = X_{10} - 43.5 X_{20} + 19.5 X_{22} + 19.5 X_{24} + 14.5 X_{26} - 52.5 X_{28}$$

$$+ 35.5 X_{30} - 14.5 X_{32} + 37.5 X_{34} + 3.5 X_{36}$$

que es la 10ª ecuación i que también figura en la matriz:

#### FORMACION DE LA 11ª ECUACION

$$0 = X_{11} - 26X_{20} + 24 X_{22} + 8 X_{24} + 8 X_{26} - 28 X_{28} + 58X_{30}$$

$$-14 X_{32} + 61 X_{34} + 14 X_{36}$$

#### EXPLICACION

Esta es la ecuación resultante para la mezcla en cuanto se refiere a las volatilidades % / 300º F para la gasolina regular

De la tabla tenemos

$X_{20}$	Volatil %/ 300 ºF = 96
$X_{22}$	Volatil %/ 300 º F = 46
$X_{24}$	Volatil % / 300 º F = 62
$X_{28}$	Volatil % / 300 º F = 62
$X_{28}$	Volatil %/ 300 º F = 98
$X_{30}$	Volatil % / 300 º F = 12
$X_{32}$	Volatil % / 300 º F = 84

$$X_{34} \quad \text{Volatil \% / 300 a F} = 9.0$$

$$X_{36} \quad \text{Volatil \% / 300 a F} = 56$$

Si en un barril de X20 tenemos 96 de Volatil en los X<sub>20</sub> barriles tendremos X<sub>20</sub> x 96

Razonando igual tenemos volatilidades

$$46 X_{22}, 62 X_{24}, 62 X_{26}, 98 X_{28}, 12 X_{30}, 84 X_{32}$$

$$9 X_{34}, 56 X_{36}$$

Mezclando

$$96 X_{20} + 46 X_{22} + 62 X_{24} + 62 X_{26} + 98 X_{28} + 12 X_{30} +$$

$$84 X_{32} + 9 X_{34} + 56 X_{36} \geq 70 (X_{20} + X_{22} + X_{24} + X_{26}$$

$$X_{28} + X_{30} + X_{32} + X_{34} + X_{36})$$

Añadiendo la variable X<sub>11</sub> para que hay igualdad

$$96 X_{20} + 46 X_{22} + 62 X_{24} + 62 X_{26} + 98 X_{28} + 12 X_{30}$$

$$+ 84 X_{32} + 9 X_{34} + 56 X_{36} = X_{11} + 70 (X_{20} + X_{22}$$

$$X_{24} + X_{26} + X_{28} + X_{30} + X_{32} + X_{34} + X_{36})$$

Efectuando

$$0 = X_{11} - 26 X_{20} + 24 X_{22} + 8 X_{24} + 8 X_{26} - 28 X_{28}$$

$$+ 58 X_{30} - 14 X_{32} + 61 X_{34} + 14 X_{36} \quad \text{que es la 11ª ecua}$$

ción i que también figura en la matriz.

FORMACION DE LA 12 ECUACION

$$0 = X_{12} + 31 X_{21} + 32 X_{23} + 32 X_{25} + 27 X_{27} - 30 X_{29} +$$

$$48 X_{31} - 2 X_{33} + 50 X_{35} + 16 X_{37}$$

EXPLICACION

Esta es la ecuación que da las mezclas en cuanto se refiere a la Volatil % / 200 g F Gasolina Extra

La gasolina extra debe tener una Volatil % / 200 g f = 42.5

De la tabla para las variables que confluyen

	VOLATIL %/ 200g	
X <sub>21</sub>	73.5	por barril
X <sub>23</sub>	10.5	" "
X <sub>25</sub>	10.5	" "
X <sub>27</sub>	15.5	" "
X <sub>29</sub>	72.5	" "
X <sub>31</sub>	- 5.5	" "
X <sub>33</sub>	44.5	" "
X <sub>35</sub>	- 7.5	" "
X <sub>37</sub>	26.5	" "

Si en un barril de X<sub>21</sub> tenemos 73.5 de unidades de Volatil.  
 en X<sub>21</sub> tendremos 73.5 X<sub>21</sub>

Por consiguiente mezclando

$$73.5 X_{21} + 10.5 X_{23} + 10.5 X_{25} + 15.5 X_{27} + 72.5 X_{29} - 5.5 X_{31} + 44.5 X_{33} - 7.5 X_{35} + 26.5 X_{37}$$

La mezcla debe realizarse de tal manera que

$$73.5 X_{21} + 10.5 X_{23} + 10.5 X_{25} + 15.5 X_{27} + 72.5 X_{29} - 5.5 X_{31} + 44.5 X_{33} - 7.5 X_{35} + 26.5 X_{37} = 42.5 ( X_{21} + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37} )$$

Añadiendo la variable X<sub>12</sub> para llevarla a igualdad.

$$73.5 X_{21} + 10.5 X_{23} + 10.5 X_{25} + 15.5 X_{27} + 72.5 X_{29} \\ - 5.5 X_{31} + 44.5 X_{33} - 7.5 X_{35} + 26.5 X_{37} = X_{12} + \\ 42.5 ( X_{21} + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37} )$$

Efectuando

$$0 = X_{12} - 31 X_{21} + 32 X_{23} + 32 X_{25} + 27 X_{27} - 30 X_{29} \\ 48 X_{31} - 2 X_{33} + 50 X_{35} + 16 X_{37} \quad \text{que es la 12ª ecuación}$$

i que también figura en la matriz

### FORMACION DE LA 13 ECUACION

$$= X_{13} + 20.5 X_{21} - 42.5 X_{23} - 42.5 X_{25} - 37.5 X_{27} + 19.5 X_{29} \\ - 58.5 X_{31} - 8.5 X_{33} - 60.5 X_{35} - 26.5 X_{37}$$

### EXPLICACION

Esta es la otra ecuación que da las mezclas en cuanto se refiere a la volatilidad % / 200 F para al Gasolina extra. Aquí la Gasolina extra debe tener una Volatil % / 200 F  $\leq 53$

Como en el caso anterior llegamos a que la mezcla debe realizarse de tal manera que

$$44.5 X_{33} + ( -7.5 X_{35} + 73.5 X_{21} + 10.5 X_{23} + 10.5 X_{25} \\ 15.5 X_{27} + 72.5 X_{29} + ( -5.5 X_{31} + 26.5 X_{37} ) \leq 53 ( X_{21} + \\ + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37} )$$

Añadiendo la variable  $X_{13}$  para hacerla igualdad

$$44.5 X_{33} + ( -7.5 X_{35} + 73.5 X_{21} + 10.5 X_{23} + 10.5 X_{25} \\ 15.5 X_{27} + 72.5 X_{29} + ( -5.5 X_{31} + 26.5 X_{37} + X_{13} )$$

$$+ X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37})$$

Efectuando tenemos

$$0 = X_{14} - 10 X_{21} + 40 X_{23} + 24 X_{25} + 24 X_{27} - 12 X_{29} + 74 X_{31} + 2 X_{33} + 77 X_{35} + 30 X_{37} \text{ que es la } 14^{\text{a}} \text{ ecuación i que también figura en la matriz}$$

FORMACION DE LA 15 ECUACION

$$X_{15} + 2.7 X_{20} + 9.0 X_{22} - 2.9 X_{24} - 4.3 X_{26} - 6.6 X_{28} - 2.3 X_{30} - 5.5 X_{32} - 1.1 X_{34} + 3.5 X_{36}$$

EXPLICACION

Esta ecuación se refiere al modo en que se deben mezclar los componentes de la Gasolina regular para obtener la gasolina regular de un octanaje 90 octanos

VARIABLES que cnfluyen

$$X_{20}, X_{22}, X_{24}, X_{26}, X_{28}, X_{30}, X_{32}, X_{34}, X_{36}$$

De la tabla apreciamos

	OCTANAJE		
X <sub>20</sub>	87.3	por	barril
X <sub>22</sub>	81.0	"	"
X <sub>24</sub>	92.9	"	"
X <sub>26</sub>	94.3	"	"
X <sub>28</sub>	96.6	"	"
X <sub>30</sub>	92.3	"	"
X <sub>32</sub>	95.5	"	"

$$53(X_{21} + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37})$$

Efectuando

$$0 = X_{13} + 20.5 X_{21} - 42.5 X_{23} - 42.5 X_{25} - 37.5 X_{27} + 19.5 X_{29} - 58.5 X_{31} - 8.5 X_{33} - 60.5 X_{35} - 26.5 X_{37}$$

que es la 13ª ecuación i que también figura en la matriz

#### FORMACION DE LA 1ª ECUACION

$$0 = X_{14} - 10 X_{21} + 40 X_{23} + 24 X_{25} + 24 X_{27} - 12 X_{29} + 74 X_{31} + 2 X_{33} + 77 X_{35} + 30 X_{37}$$

#### EXPLICACION

Esta ecuación da las mezclas en cuanto se refiere a la volatilidad % / 3000 F para la Gasolina extra

La gasolina extra debe tener una volatilidad % / 3000 F = 86

Variables que confluyen

$$X_{21}, X_{23}, X_{25}, X_{27}, X_{29}, X_{31}, X_{33}, X_{35}, X_{37}.$$

Razonando como en casos anteriores la mezcla debe realizarse de tal manera que

$$96 X_{21} + 46 X_{23} + 62 X_{25} + 62 X_{27} + 98 X_{29} + 12 X_{31} + 84 X_{33} + 9 X_{35} + 56 X_{37} = 86 (X_{21} + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37})$$

Añadiendo la variable  $X_{14}$  para transformarla en igualdad

$$96 X_{21} + 46 X_{23} + 62 X_{25} + 62 X_{27} + 98 X_{29} + 12 X_{31} + 84 X_{33} + 9 X_{35} + 56 X_{37} = X_{14} + 86 (X_{21} + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37})$$

X <sub>34</sub>		91.1	por barril	
X <sub>36</sub>		86.5	" "	
En X <sub>20</sub>	barriles	tendremos	87.3 X <sub>20</sub>	octanos
En X <sub>22</sub>	"	"	81 X <sub>22</sub>	
En X <sub>24</sub>	"	"	92.9 X <sub>24</sub>	"
En X <sub>26</sub>	"	"	94.3 X <sub>26</sub>	"
En X <sub>28</sub>	"	"	96.6 X <sub>28</sub>	"
En X <sub>30</sub>	"	"	92.3 X <sub>30</sub>	"
En X <sub>32</sub>	"	"	95.5 X <sub>32</sub>	"
En X <sub>34</sub>	"	"	91.1 X <sub>34</sub>	"
En X <sub>36</sub>	"	"	86.5 X <sub>36</sub>	"

La mezcla debe realizarse de tal manera que

$$87.3 X_{20} + 81 X_{22} + 92.9 X_{24} + 94.3 X_{26} + 96.6 X_{28} + 92.3 X_{30} + 95.5 X_{32} + 91.1 X_{34} + 86.5 X_{36} \geq 90 (X_{20} + X_{22} + X_{24} + X_{26} + X_{28} + X_{30} + X_{32} + X_{34} + X_{36})$$

Añadiendo la variable X<sub>15</sub> para hacerla igualdad y resolviendo

$$0 = X_{15} + 2.7 X_{20} + 9.0 X_{22} - 2.9 X_{24} - 4.3 X_{26} - 6.6 X_{28} - 2.3 X_{30} - 5.5 X_{32} - 1.1 X_{34} + 3.5 X_{36}$$

que es la 15 ecuación del problema que también figura en la matriz

FORMACION DE LA 16 ECUACION

$$0 = X_{16} + 2.9 X_{21} + 12.9 X_{23} - 0.4 X_{25} - 2.0 X_{27} - 3.3 X_{29} \\ + 1.3 X_{31} - 1.8 X_{33} + 3.5 X_{35} + 6.6 X_{37}$$

EXPLICACION

Esta ecuación se refiere al modo en que se deben mezclar los componentes de la gasolina extra para obtener la gasolina de octanaje = 94

Operando del mismo modo que en el caso anterior tenemos

$$91.1 X_{21} + 81.1 X_{23} + 94.4 X_{25} + 96 X_{27} + 97.3 X_{29} + 92.7 X_{31} \\ + 85.8 X_{33} + 90.5 X_{35} + 87.4 X_{37} = 94 (X_{21} + X_{23} + X_{25} \\ + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37})$$

Añadiendo la variable  $X_{16}$  y resolviendo tenemos

$$0 = X_{16} + 2.9 X_{21} + 12.9 X_{23} - 0.4 X_{25} - 2.0 X_{27} - 3.3 X_{29} \\ + 1.3 X_{31} - 1.8 X_{33} + 3.5 X_{35} + 6.6 X_{37}$$

que es la 16 ecuación i que también figura en la matriz

FORMACION DE LA 17 ECUACION

$$25,000 = X_{17} + X_{19}$$

EXPLICACION

Esta ecuación se refiere a la capacidad de la operación adicional

Nosotros sabemos que la operación adicional puede refinar como máximo 25,000 barriles. Para fines de plantear el problema llamemos  $X_{19}$  los barriles que refinemos en la operación.

adicional

Por consiguiente

$$x_{19} \leq 25,000$$

Añadiendo el slack  $x_{17}$

$$x_{17} + x_{19} = 25,000$$

$$x_{17} \geq 0 \quad x_{19} \geq 0$$

Puede ocurrir que refinamos los 25,000 barriles entonces  $x_{19} = 25,000$  si el problema arroja que no refinemos 25,000 barriles sino 20,000 dejaremos de refinar 5,000 barriles.

Estos 5,000 barriles es la interpretación de  $x_{17}$  o sea la parte de refinación sin usar

FORMACION DE 18 ECUACION

$$15,000 = x_{18} + 1.160 x_{24} + 1.160 x_{25} + 1.239 x_{26} + 1.239 x_{27}$$

EXPLICACION

Esta ecuación se refiere a la capacidad de reformación

Habíamos dicho que hay 2 clases de reforma ligera i selectiva

Habíamos también dicho que se mandaban a reforma li

gera  $\frac{1}{0.862} x_{24}$  barriles  $1.160 x_{24}$ , estos van a entrar como constituyentes de la gasolina regular.

De este reforming ligero salen  $x_{24}$  barriles para Gasolina regular

Se mandan al mismo reforming ligero  $\frac{1}{0.852} x_{25}$

= 1.160  $X_{25}$  barriles para luego salir  $X_{25}$  barriles que van a entrar como constituyentes de la gasolina extra

Se mandan al reforming severo ( regla de tres)  $\frac{1}{0.807} X_{26}$  i salen de este  $X_{26}$  barriles que van a entrar como constituyentes de la Gasolina regular

Se mandan al reforming severo ( regla de tres)  $\frac{1}{0.807} X_{27}$  i salen de este  $X_{27}$  barriles que van a entrar como constituyentes de la gasolina extra

$$1 = 1.239$$

0.807

En conclusión mandamos a reforming ligero 1.160  $X_{24}$

i 1.160  $X_{25}$  barriles obteniéndose  $X_{24}$  i  $X_{25}$  barriles que van a entrar como constituyentes de la gasolina regular i extra respectivamente

En conclusión mandamos a reforming severo 1.239  $X_{26}$

1.239  $X_{27}$  barriles obteniéndose  $X_{26}$  i  $X_{27}$  barriles que van a entrar como constituyentes de la gasolina regular i extra respectivamente

Haciendo un balance de los que entra frente a lo que sale i recordando que lo máximo que podemos reformar diariamente es 15,000 barriles tenemos

$$1.160 X_{24} + 1.160 X_{25} + 1.239 X_{26} + 1.239 X_{27} = 15,000$$

Añadiéndole la variable de holgura  $X_{18}$  al miembro para convertirla en igualdad

$$15,00 = X_{18} + 1.160 X_{24} + 1.160 X_{25} + 1.239 X_{26}$$

+ 1.239  $X_{27}$  que es la ecuación 18 i que figura en la matriz

Ahora que tenemos las 18 ecuaciones en las cuales podemos apreciar 37 variables, la resolución corre por cuenta del método simplex, recordando que para el problema tenemos un  $N^{\circ}$  infinito de soluciones, pero que el método Simplex ,precisamente seleccionará la mejor solución dentro de ese  $N^{\circ}$  infinito de soluciones, para ello es preciso que formulemos lo una función objetivo la cual minimizaremos con un vector X que contenga precisamente las soluciones añ problema.

Es importante volver a destacar que las 37 variables no pueden ser negativas ya que esto es absurdo , puesto que ellas significan destinos, flujos de componentes, cantidades de crudo etc i entonces no podemos refinar crudo negativo ni mezclar cantidades negativas . Por eso es que las variables se exige que sean positivas

EXPLICACION D E LA MATRIZ PROBLEMA

---

En el planteo del problema , tenemos que e considerar la formación de una matriz problema. Tal matriz problema ha formado, recordando que existen en nuestro problema 18 ecuaciones 37 variables; como consecuencia esto hemos dispuesto las 18 ecuaciones dentro de una **matriz** ocupando cada una de las ecuaciones relacionadas al problema 1 fila de la matriz; las variables relacionadas al problema también las hemos dispuesto en la matriz, la disposición de ellas ha sido en columnas .

POR CONSIGUIENTE CADA ECUACION ES UNA FILA

i

CADA VARIABLE ES UNA COLUMNA

Para fines de colocarlas corréxtamente la 1° ecuación ocupará la 12 fila, la 2° ecuación ocupara la 2° fila la ecuación ocupará la 7° fila i así etc. etc.

Con igual objeto la 1° variable ocupara la 1° columna 2° variable la 2° columna la 30 variable la 30° columna

De acuerdo a lo anterior diremos que :

La 1° fila es el destino de la Nafta ligera

La 2° fila expresa el balance de nafta pesada

La 3° fila expresa el balance de la nafta ligera crackeada de la operación base

La 4° fila expresa el balance de la nafta pesada crackeable

de la operación base

La 5° fila expresa el balance de la nafta ligera crackea-  
ble de la operación adicional

La 6° fila expresa el balance de la nafta pesada crackea-  
ble de la operación adicional

La 7° fila expresa el balance de la nafta Visbreaker

La 8° fila es la expresión del Requerimiento de la Gasoli-  
na regular

La 9° fila es la expresión del Requerimiento de gasolina  
extra

Las filas 11 a 15 expresan las especificaciones de vola-  
tilidad para la gasolina Regular i extra

Las filas 16 y 17 expresan las especificaciones de octana-  
je para la gasolina Regular y para la Gasolina extra respectiva  
mente

La fila 18 expresa la capacidad de refinación de la opera-  
ción adicional

La fila 19 expresa la capacidad de la operación de reforma

Como en toda matriz se han colocado debajo del vector  
solución  $P$  los términos independientes de la ecuaciones

Por lo demás los distintos cuadritos se han rellanado con  
los coeficientes correspondientes de las variables asociadas

Lo que expresa cada ecuación está escrito en el margen izqui

erdo.

En la matriz también se ha indicado las 18 variables de holgura que tiene el problema mediante la letra R

Así  $R_4$  significa la variable de holgura  $X_4$

Algunas variables de holgura importantísimas caso de la R requerimiento no proporcionado de la gasolina regular se han precisado escribiendo encima de la variable lo que esta significa.

ha precisado las 19 variables restantes

Encima de estas variables significadas lógicamente por la letra P se ha colocado la identificación de la variable, así la variable  $X_{24}$  es nafta pesada reformada ligeramente para gasolina regular

Desde que el vector columna  $P_{14}$  encierra los coeficientes de la variable  $X_{24}$  en las distintas ecuaciones podemos formular fácilmente cualquier ecuación que encierre la variable  $X_{24}$

Así la ecuación 10° se formulará así

$$0 = X_{10} - 43.5 X_{20} + 19.5 X_{22} + 19.5 X_{24} + 14.5 X_{26} + 42.5 X_{28} + 35.5 X_{30} - 14.5 X_{32} + 37.5 X_{34} + 3.5 X_{36}$$

S O B R E L O S G I V E W A Y S

Los giveaways son ciertos números especiales existentes en el problema, tales números están asociados a ciertas variables de holgura  $i$  que son

$$X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15} \text{ i } X_{16}$$

Por consiguiente los giveaways estan formulados en las ecuaciones . Unos estén expresados o en porcentajes caso del giveaway de las variables  $X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}$  otros son simples números aislados, caso de las variables  $X_{15} \text{ i } X_{16}$

Los giveaways son variaciones con respecto a las especificaciones , siendo por lo general estas variaciones excesos.

Para comprender mejor el concepto de Giveway formularemos la siguiente expresión:

Cantidad de la variable GIVEWAY x barriles producción

Así si  $X_{10}$  fuera 60,000 i la cantidad que se produce de la gasolina relacionada es 30,000 barriles diarios tendremos DE ACUERDO a la expresión del giveaway:

$$\text{Giveway} = \frac{60,000}{30,000} = 2\%$$

Este 2% de Giveway significaría que con respecto a la gasolina relacionada la Volatil %/ 200 o F está en un

exceso del 2% con respecto a la especificación límite

Por consiguiente  $X_{10}$ ,  $X_{11}$ ,  $X_{12}$ ,  $X_{13}$  y  $X_{14}$  son el producto de los barriles mezclados por el giveway

Si  $X_{11} = 40,000$  y la cantidad de barriles que se mezclan es 35,000, el giveway relacionado saldría de

$$X_{11} \quad 40,000 = \text{Giveway} \times 35,000$$

$$\text{Giveway} = \frac{40,000}{35,000} = 1.14\% \text{ exceso sobre la especificación límite para la gasolina regular } \frac{\%}{3000 \text{ F}}$$

Muchas veces no es económico encontrar justamente la especificación mínima, sino figurar en los alrededores, ahí es donde entran los giveways.

Caso de que el giveway este dado en unidades de octanaje:

Para las variables  $X_{15}$  y  $X_{16}$  los giveways están dados en unidades de octanaje

Así si

$X_{15} = 45,000$  i los barriles diarios producidos son 8,000.

Entonces de

$$45,000 = X_{15} = \text{Giveway} \times \text{barriles producidos}$$

$$\text{Giveway} = \frac{45,000}{8,000} = 5.62 \text{ octanos de exceso con respecto a la especificación límite de 90 octanos para la Gasolina regular}$$

De tal suerte que los Giveways tienen que ver con las especificaciones límites y dan una pauta de que si se alcanza o no la especificación límite

Si por ej  $X_{12} = 0$  esto significa que el giveway es cero ya que por la expresión

$$X_{12} = \text{Giveway} \times \text{barriles producidos}$$

$$0 = \text{Giveway} \times \text{barriles producidos}$$

Para que el producto de 0 solo es razonable que el Giveway sea 0

Por consiguiente

CUANDO EL GIVEWAY ES 0 SE HA ALCANZADO LA ESPECIFICACION LIMITE

El Giveway entra en lo siguiente :

0.310 y 0.264 son los dólares que nos ahorramos por barril cuando disminuimos en una unidad el octanaje

Supongamos que el octanaje es 94. Como la especificación límite para el grado de gasolina regular es 90, tenemos un exceso de 4 ( giveway).

Si ponemos el octanaje en 90 tendremos que por barril nos hemos ahorrado  $0.310 \times 4 = \$ 1.240$ .

Desde luego que estos ahorros están relacionados con el TEL porque es lógico pensar que si los 94 octanos los alcanzamos con 3 c. c. de Pb tetraetílico / galón los 90 octanos serán alcanzados con menos de 3 c. c. de TEL /galón que es lo máximo que puede tener la gasolina de ahí que estos coeficientes tiene relación con la cantidad de TEL usada, inferior a 3.c.c.

DESARROLLO DE LA FUNCION

OBJETIVO

Conforme ya se había dicho el beneficio se compone de las ventas de los productos encima del costo del fuel oil- el costo del TEL - el costo del petroleo crudo encima del precio del fuel oil - gasto operativo

Los productos que vendemos son GASOLINA REGULAR , GASOLINA EXTRA i HEATING OIL.

Lo que vamos a producir de Gasolina Regular son

38,000 -  $X_8$  barriles pudiendo ser  $X_8 = 0$  .

Como el precio de venta de 1 barril es \$2.550 el importe será

$$(38,000 - X_8) 2.550$$

Lo que vamos a producir de Gasolina extra son

( 30,000 -  $X_9$  ) barriles pudiendo ser  $X_9 = 0$

Precio de venta de 1 barril \$ 3.373

el importe será

$$(30,000 - X_9) 3.373$$

Producción de heating oil 27,000 barriles

Precio de venta de 1 barril \$ 1.740

el importe será 27,000 x 1.740

Por barril nos ahorramos \$ 0.310 cuando disminuimos en una unidad el octanaje de la Gasolina Regular. En  $X_{15}$  barriles

nos ahorraremos  $X_{15} \times 0.310$ , esto en cuanto se refiere a la gasolina regular

Tomando en cuenta la gasolina extra cuando disminuimos el octanaje en una unidad por barril nos ahorramos \$. 0.264.

En  $X_{16}$  barriles nos habremos ahorrado  $X_{16} \times 0.264$

Todo lo anterior se refiere a ingresos

Los egresos están constituidos por los gastos que se hacen en las operaciones de ligera y severa reforma en la refinación adicional y en la refinación base.

Refinar 1 barril en la operación base cuesta \$ 1.476

Costo de refinar 100,000 barriles :

$100,000 \times 1.476$

Refinar 1 barril en la operación adicional cuesta \$ 1.954

Como refinamos en la operación adicional  $X_{19}$  barriles el costo sera

$\$ X_{19} \times 1.954$

Tener 1 barril ya reformado ligeramente cuesta \$ 0.483

el haber obtenido  $X_{24}$  barriles reformados de nafta pesada para Gasolina regular costará

$0.483 X_{24}$

El haber obtenido  $X_{25}$  barriles reformados de nafta pesada para Gasolina extra costará

$0.483 X_{25}$

En total  $X_{24} \times 0.483 + X_{25} \times 0.483$   
 $= 0.483 (X_{24} + X_{25})$

Tener 1 barril ya reformado severamente cuesta \$ 0.520

Como se obtienen reformados  $X_{26}$  y  $X_{27}$  barriles esto habrá costado

$$(X_{26} + X_{27}) 0.520$$

El beneficio es la diferencia los ingresos menos los egresos

Por consiguiente

Ingresos

$$(38,000 - X_8) \times 2.550$$

$$(30,000 - X_9) \times 3.373$$

$$27,000 \times 1.740$$

Ahorro por menos uso de TEL=

$$= 0.310 X_{15} + 0.264 X_{16}$$

Egresos

$$100,000 \times 1.476$$

$$X_{19} \times 1.954$$

$$(X_{24} + X_{25}) \times 0.483$$

$$(X_{26} + X_{27}) 0.520$$

Restando tenemos

$$Z = (38,000 - X_8) 2.550 + (30,000 - X_9) 3.373 + 27,000 \times 1.740$$

$$+ 0.310 X_{15} + 0.264 X_{16} - 100,000 \times 1.476 - X_{19} \times 1.954$$

$$- 0.483 (X_{24} + X_{25}) - 0.520 (X_{26} + X_{27}) \quad \text{que es la función}$$

objetivo

Nótese que vendemos  $(38,000 - X_8)$  barriles y  $(30,000 - X_9)$

barriles donde  $X_8$  y  $X_9$  pueden ser 0

El máximo contenido de TEL por galón es 3. C. c.

Muchas veces puede ocurrir que el uso de los 3. c. c. traigan como consecuencia un octanaje mayor que el requerido por consiguiente los obvio es usar menos TEL y precisamente esto trae un ahorro, esto traerá como consecuencia que la cantidad de TEL que se compre sea menor

0.310 y 0.264 volvemos a repetir son N2s que se refieren al ahorro que se hace por barril cuando disminuimos el octanaje en una unidad en la gasolina regular i extra respectivamente.

La misma expresión anterior, las podemos poner así

$$Z = 33,000 \times 2.550 + 30,000 \times 3.373 + 27,000 \times 1.740 - 100,000x \\ 1.476 - 2.550 X_8 - 3.373 X_9 + 0.310 X_{15} + 0.264 X_{16} - 1.954 X_{19} \\ - 0.463 X_{24} - 0.483 X_{25} - 0.520 X_{26} - 0.520 X_{27}$$

El lector se preguntará y porque no entran en esta función objetivo todas las variables

En lo lugar veamos que  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7$ , son cortes de naftas que van a servir para hacer fuel oil, pero bien sabemos que por datos estadísticos de refinación no se considera como variable este producto; es algo así como un residuo sin tener importancia, de ahí que como su precio de venta es muy bajo no a ingresos dignos de tomarse en cuenta por consiguiente // se comprende porque las variables que van de  $X_1$  a  $X_7$  no entran en la función objetivo

X

$X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}$  en lo lugar son los barriles de gasolina regular i extra multiplicados por los giveaways de volatilidad. Ahora bien los giveaways son excesos sobre las volatilidades, de tal modo que los giveaways indicarán si se baja o no las distintas volatilidades con respecto a las volatili-

dades mínimas o máximas y tal alteración que se hace en las volatilidades no tiene repercusión directa en los costos de las gasolina regular i extra respectivamente, ya que siempre se venderá el barril de gasolina regular y extra a \$ 2.550 y \$ 3.373 respectivamente, de tal modo que por no tener estas variables repercusión directa en el costo no entran en la función objetivo

$X_{17}$  y  $X_{18}$  son holguras con respecto a los barriles que no se van a reformar i refinar Por consiguiente serán cantidades que no se procesarán y entonces ellas no involucrarán los gastos de \$ 1.954, 0.483 y 0.520 respectivamente que son los costos de refinar en la operación adicional, reformar ligera i severamente.

$X_{20}$ ,  $X_{21}$ ,  $X_{22}$ ,  $X_{23}$  tampoco entran en la función objetivo puesto que ellas se refieren solamente a los distintos destinos que se le da dentro del proceso a las naftas ligera y pesada y no tienen que ver directamente con la venta de los productos

$X_{28}$ ,  $X_{30}$ ,  $X_{32}$ ,  $X_{34}$ ,  $X_{36}$  son cantidades de naftas crackeadas ligeras i pesadas que se destinan para mezclarse junto con otras para formar gasolina regular, por consiguiente son variables relacionadas con destinos dentro del proceso y también no tienen que ver directamente con la venta de los productos

En la misma condición se encuentran  $X_{29}$ ,  $X_{31}$ ,  $X_{33}$ ,  $X_{35}$  y  $X_{37}$  que son flujos de naftas ligeras crackeadas i pesadas

crackeadas que se destinan para mezclarse con el objeto de formar la gasolina extra. También entonces son variables intrínsecas al proceso no teniendo relación con costos.

Importa destacar que la relación entre el octanaje y el contenido de TEL no es una relación lineal pero en el rango de 1.5 a 3.c.c. por galón una aproximación lineal se puede usar con bastante eficiencia

Precisamente si es que en la respuesta dada por el computador se tenga giveaways del octanaje diferentes de 0 entonces esto traerá como indicación que el contenido de TEL que se debe disminuir, precisándose de que el ahorro al bajar una unidad el octanaje tanto de la gasolina regular como extra se han obtenido de esas aproximaciones lineales entre el contenido de TEL galón y el octanaje relacionado

En los costos de refinar 1 barril en la operación base y en la operación adicional o sea \$ 1.476 y \$ 1.954 respectivamente están ya involucrados la materia prima o sea el petróleo crudo, fuera de esto está incluido el costo en sí del proceso operativo que importa operar en la planta, aquí están incluidos muchos costos, en realidad estos precios incluyen diversos costos desde mano de obra consumo eléctrico y un sinnúmero de gastos, se vuelve a recalcar que en este costo está incluido el precio del petróleo crudo, además está incluido en este costo, el gasto que se hace en el combustible etc.

En la función objetivo formulada aparecen coeficientes para las variables que van desde  $X_8$  hasta  $X_{27}$  estos son los costos

unitarios ya mencionados. Cuatro de estos coeficientes son para las variables de holgura  $X_8, X_9, X_{15}$  y  $X_{16}$

Para llegar a la solución óptima nosotros sabemos que tal solución tiene una base final pero también importa que fuera de ella existen ciertas soluciones factibles. Para que una solución sea factible es necesario como su nombre lo indica de ser posible y tal solución se forma considerando un grupo de variables iguales en  $N^o$  a las ecuaciones que se tenga. Tal es el sistema del Simplex. Para explicar mejor esto diremos que las ecuaciones que se poseen dan lugar a una base.

Como en nuestro problema tenemos 18 ecuaciones en donde los los miembros son numéricos y tenemos además 37 variables excluimos 19 variables y nos quedamos con 18 variables que van a tener como valores los valores de los primeros miembros de las 18 ecuaciones o términos independientes



En la anterior solución básica se aprecian las 18 variables de holgura para las 18 ecuaciones, habiéndose eliminado las demás variables, dándoles el valor de 0 en esta etapa. De tal modo que en esta etapa las variables de  $X_{19}$  a  $X_{37}$  son 0. Esta será pues la 19 solución básica al problema. Como se aprecia  $X_1$  es igual a 16,900 o lo que es lo mismo toda la nafta ligera pasa a formar parte del fuel oil

$$X_2 = 14,500, \quad X_3 = 15,800, \quad X_4 = 5,800 \quad \text{i} \quad X_7 = 2,000$$

estas son naftas valiosas o mejor dicho aprovechables ya que con ellas se puede hacer gasolinas pero esta solución interpreta que todas son para fuel oil i ninguna tiene otro destino sea para formar gasolina regular extra etc.

Como  $X_8 = 38,000$  y  $X_9 = 30,000$  y como tales variables se definen como la cantidad de barriles de gasolina regular i gasolina extra que no se van a producir nos encontramos que esta solución dice que no podemos producir ningún barril de gasolina regular ni tampoco un barril de gasolina extra

Como  $X_7$  son los barriles que vamos a dejar de refinar en la operación adicional y esta solución muestra  $X_{17} = 25,000$  (capacidad de refinación de la operación adicional) nos encontramos que en realidad no vamos a refinar nada en la operación adicional.

Como  $X_{18}$  son los barriles que no vamos a reformar con respecto a la capacidad de reformación : 15,000 barriles y como arroja esta solución  $X_{18}$  nos encontramos con que nada vamos a reformar

Como se aprecia los 27,000 barriles de heating oil los va a producir solo los 100,000 barriles de la operación base. En esta solución cabe interpretarse que los 27,000 barriles de heating oil se producen junto a la producción de fuel oil.

Claramente se aprecia que esta situación de ninguna manera es beneficiosa, imaginar que no vamos a producir G. R. ni gasolina extra es algo que tenemos que cambiar, para tal efecto es lógico comprender que la solución eficaz debe ser distinta a la básica ya que en esta se está produciendo una cantidad bárbara de fuel oil; recordando nosotros que la venta de fuel oil no nos va a traer ingreso considerable, recuérdese que el fuel oil sirve para prender hornos etc.

Habíamos anteriormente formulado un ejemplo numérico con el objeto de explicar el método simplex, bueno en realidad la solución de este problema se lleva de una manera análoga a la del ejemplo numérico.

Con el fin de cambiar la solución básica, lo que hacemos es cambiar las variables que están presentes en la solución básica por otras, en si ahora viene el mecanismo del Simplex.

el vector que debe entrar en la base es el que ocasiona la mayor disminución de la función objetivo  $z_j - C_j > 0$  se exige para pasar al paso siguiente que la disminución de la función objetivo sea mayor que 0, o sea por los menos una  $z_j - C_j > 0$  (disminución de la función objetivo.) Cuando tenemos que sacar un vector de la base, tenemos que poner otro. Al sacar un vector como la base tenía  $m$  vectores tendremos  $m-1$  vectores, el vector que va a entrar es el que ocasiona

la máxima disminución de la función objetivo (y esto para abreviar el camino para llegar a la solución mínima porque podría escogerse cualquier vector para que entre) pero como se manifiesta se escoge el vector que ocasione la máxima disminución  $\theta$  sea aquel para el cual se cumpla que el  $Z_j - C_j$  sea máximo. Si ocurre que hay empates en la disminución de la función objetivo el que va a entrar es el más lejano o el más cercano.

Ej: Disminución de  $P_1 = Z_j - C_j = 4$   
 $P_2 = Z_j - C_j = 4$   
 $P_3 = Z_j - C_j = 4$   
 $P_4 = Z_j - C_j = 4$

aquí se introduce o bien  $P_1$  o  $P_4$

En total se requieren aproximadamente  $m$  cambios de base o lo que es lo mismo distintas bases

Supongamos que el vector que ocasiona la máxima disminución de la función objetivo es  $P_k$  ahora el vector  $B_k$  forzosamente tiene que entrar i sale el que cumple con que el cociente de  $X_i / X_{ik}$  sea el mínimo (obsérvese que  $k$  está relacionado con el vector que entra). Todo esto siempre i cuando haya por lo menos alguna  $X_{ik}$  mayor que cero. Si ocurriera que todas las  $X_{ik}$  son mayores o iguales a cero el procedimiento acabó. Supongamos que el vector  $P_1$  es aquel para el cual el cociente de  $X_i / X_{ik}$  sea mínimo o sea  $X_1 / X_{1k}$ , entonces será eliminado  $P_1$

Luego probamos otra vez si se puede disminuir la función

objetivo o sea si existe una  $Z_j - C_j > 0$  si no se puede disminuir la función objetivo o sea si todas las  $Z_j - C_j \leq 0$  entonces habremos llegado a la solución mínima u óptima.

En este procedimiento se considera un pivote el cual es un divisor, en este caso el pivote es  $X_{lk}$  siendo l la fila pivote i k la columna pivote. Cuando desarrollamos manualmente el simplex es mejor computar primero los nuevos elementos de la fila pivote y sumar múltiplos adecuados de esta hilera a las otras hileras de la tabla, con objeto de desarrollar la eliminación de  $X_k$  para todas las hileras excepto para la lésima. Muchas veces llegamos a una solución mínima aunque algunas veces la solución es ilimitada

Los  $C_j$  son los costos

Algunas veces el problema a ser resuelto no contiene una matriz unitaria entonces tenemos que hacer uso de una base artificial siendo este procedimiento válido

Como la solución primera no es beneficiosa tenemos que cambiar vectores de la base para tal efecto vamos a expresar la función objetivo de la siguiente manera, que va a ser la expresión MEDIANTE LA CUAL SE A TRABAJAR EN EL COMPUTA

DOR

Expresión A

$$97,470 = Z + 2.550 X_8 + 3.373 X_9 - 0.310 X_{15} - 0.264 X_{16} + 1.954 X_{19} + 0.483 X_{24} + 0.483 X_{25} + 0.520 X_{26} + 0.520 X_{27}$$

Obsérvese que es la misma función objetivo anterior solo que la hemos puesto de diferente forma, precisándose que la solución será MEDIANTE EXPRESION A

OTRO INTENTO DE SOLUCION

Un intento de solución es el siguiente

Vamos a expresar la función objetivo en términos de vectores que no estén en la base

Obsérvese que la anterior función objetivo contiene las variables

$X_8, X_9, X_{15}, X_{16}$  que figuran en la base escrita, cambiaremos

estas variables y para conseguir esto o sea que la función objetivo no tenga ninguna de las variables de  $X_1$  a  $X_{18}$  hagamos las siguientes transformaciones

Sea la ecuación 8

$$38,000 = X_8 + X_{20} + X_{22} + X_{24} + X_{26} + X_{28} + X_{30} + X_{32} + X_{34} + X_{36}$$

Multipliquemos ambos miembros por 2.550

$$38,000 \times 2.550 = 2.550 X_8 + 2.550 (X_{20} + X_{22} + X_{24} + X_{26} + X_{28} + X_{30} + X_{32} + X_{34} + X_{36})$$

Sea la ecuación 9

$$30,000 = X_9 + X_{21} + X_{23} + X_{25} + X_{27} + X_{29} + X_{31} + X_{33} + X_{35} + X_{37}$$



$$\begin{aligned}
 & \dagger 4.5960 X_{28} \quad \dagger 4.2442 X_{29} \quad \dagger 3.0298 X_{31} \quad \dagger 4.2550 X_{32} \\
 & \dagger 3.8482 X_{33} \quad \dagger 2.8910 X_{34} \quad \dagger 2.4490 X_{35} \quad \dagger 1.4650 X_{36} \quad \dagger 1.6306 X_{37}
 \end{aligned}$$

Tenemos la expresión (b) o sea la función objetivo arreglada

$$\begin{aligned}
 97,470 \text{ -- } Z & \dagger 2.550 X_8 \quad \dagger 3.373 X_9 \quad - 0.310 X_{15} \quad - 0.264 X_{16} \\
 & \dagger 1.954 X_{19} \quad \dagger 0.483 X_{25} \quad \dagger 0.520 X_{26} \quad \dagger 0.520 X_{27}
 \end{aligned}$$

Efectuemos b - a nos queda

$$\begin{aligned}
 - 100,620 \text{ -- } Z & \dagger 1.954 X_{19} \quad - 1.717 X_{20} \quad - 2.607 X_{21} \quad \dagger 0.240 X_{22} \\
 & \dagger 0.033 X_{23} \quad - 2.966 X_{24} \quad - 2.966 X_{25} \quad - 3.363 X_{26} \\
 & - 3.381 X_{27} \quad - 4.596 X_{28} \quad - 4.244 X_{29} \quad - 3.263 X_{30} \\
 & - 3.030 X_{31} \quad - 4.255 X_{32} \quad - 3.848 X_{33} \quad - 2.891 X_{34} \\
 & - 2.449 X_{35} \quad - 1.465 X_{36} \quad - 1.631 X_{37}
 \end{aligned}$$

Como se aprecia se han cancelado las variables de holgura o sea las variables de  $X_1$  a  $X_{18}$

Analizando la expresión anterior vemos que el beneficio global en esta etapa es menos \$ 100,620 por día cuando corremos 100,000 barriles diarios y entendiéndose que producimos 27,000 barriles diarios de heating oil en adición al fuel oil

Si pasamos cada término X al miembro de la izquierda veremos que no es beneficioso tratar crudo adicional ya que se incurrirá en una pérdida de \$ -1.954 por barril que refinemos( el signo en la izquierda menos indicará una pérdida.

Por otro lado será será beneficioso hacer que entren como componentes todos los que van a tener signo mas. En esta condición se encuentran todos los componentes a excepción de las naftas pesadas para formar gasolina regular i extra o sea  $X_{22}$  y  $X_{23}$  ya que los coeficientes son  $- 0.240$  i  $- 0.033$

A  
Ahora podemos apreciar que los mayores coeficientes son los que pertenecen a  $X_{28}$  y  $X_{29}$  por consiguiente será más beneficioso usar en mayor cantidad estas naftas crackeadas.

Ahora como el mayor coeficiente es el que corresponde a  $X_{28}$  (4.596) esta variable pasará a la base anterior va que su coeficiente es el máximo.

La variable que será reemplazada en la base será la variable  $X_3$ , entonces por sustitución  $X_{28} = 15,800$  advirtiéndose que las otras variables tomarán nuevos valores.

Estos nuevos valores son obtenidos excluyendo la variable  $X_{28}$  de todas las ecuaciones menos en la ecuación 3.

Se vuelve a recalcar que todo el razonamiento de esta parte es para intentar una nueva solución mas que nada un punto de vista considerando la función objetivo.

Pero el problema será resuelto mediante la expresión llamada b.

EXPLICACION DEL ESQUEMA QUE MUESTRA EL FLUJO DE LOS COMPONENTES

En este esquema están significadas dos columnas, la del lado izquierdo significa la columna teórica que opera para la operación adicional, la del lado derecho significa la columna teórica que opera para la operación base,.

SE aprecia dibujado que de las dos columnas salen los distintos componentes.

lado de los distintos componentes podemos apreciar sus especificaciones, el porcentaje en que salen de la columna

Así se aprecia en la parte izquierda superior para la nafta ligera 16.9 % porcentaje  $\nabla$  73.5, 96  $=$  87.3 i  $\circ$  91.1 estas son las especificaciones de la N. L. de la operación adicional .

Por razones de que la nafta ligera de la operación base tiene las mismas especificaciones y porcentaje y sabiendo que el 16.9 % de 100,000 barriles de la operación base es 16,900 juntamos estos 16,900 a la nafta ligera que sale de la operación adicional tal como se aprecia ( la flecha indica).

Por consiguiente de nafta ligera tendremos 16,900 que provienen de la operación base y  $0.169 \times$  <sub>19</sub> que provienen de la operación adicional.

. Este conjunto:

$0.169 X_{19} + 16,900$  se distribuye en  $X_{21}$ ,  $X_{20}$  y  $X_1$ .

ENTENDIMIENTO DE ESTA PARTE

Sígase la flecha que indica el flujo de L.N., la flecha termina en un punto, de aquí se tienen 3 caminos posibles: hacia el punto superior donde está  $X_{21}$ , hacia el punto medio donde está  $X_{20}$  y hacia el punto inferior donde está

$X_1$

Por consiguiente los  $16,900 + 0.169 X_{19}$  se distribuyen en:

$X_{21} + X_{20} + X_1$

Ahora examínice hasta donde llega a dar  $X_{21}$  se aprecia que llega a G. P. ( gasolina extra)

examinice por igual  $X_{20}$  i  $X_1$

Se aprecia que son destinos para G. R. ( gasolina regular i para fuel oil

Esto mismo se puede hacer desde la columna derecha que significa la operación base.

Como en la operación base refinamos 100,000 barriles i de H.C.N. ( nafta ~~pégame~~ crckeada) se obtiene 5.8 % obtendremos 5,800 barriles de HCN que deben ser dispuestos.

En una de las líneas que salen de la operación base vemos que está incluida la ecuación

$$5,800 \text{ --- } X_{31} + X_{30} + X_4$$

Esto significa que los 5,800 de HCN se reparten en  $X_4$ ,  $X_{30}$  y  $X_{31}$

ENTENDIMIENTO DE ESTA PARTE

Siguiendo la flecha de HCN nos encontramos que termina en un punto. De aquí se tienen 3 caminos posibles: Hacia el punto superior donde está  $X_{31}$ , hacia el punto medio donde está  $X_{30}$  i hacia el punto inferior donde está  $X_4$

Ahora examínice hasta donde llegan a dar cada una de estas variables y se observará que llegan a Gasolina extra regular i fuel oil respectivamente.

Apreciamos 3 cuadritos para G. P., G. R. y F. O. respectivamente

Observando el cuadrito de G. P. vemos que ella debe ser producida  $\leq$  30,000 b/d. i apreciamos también que las características de la gasolina que va a ser producida son

48.5	---	Volatil %/ 200° F	$\leq$ --- 53
		Volatil %/ 300° F	$\leq$ ---86
		Octanaje	$\leq$ --- 94

Apreciamos también  $X_9$ , esta significa la holgura de producción o sea la cantidad de barriles diarios con respecto a 30,00 que no vamos a producir

Iguales detalles se aprecian en el cuadríto de G. R. apreciándose en este  $X$  que es la holgura que no se produce con respecto a  $38,000$

En el cuadríto de F.O. no se aprecia ningun detalle puesto que este es el resultado de ciertos componentes que se descartan yendo a formar parte del fuel oil. Digamos que este descarte es parte de la operación de maximizar la utilidad

Cada una de las variables está encerrada en unos cuadrítos donde se aprecia 1° la variable 2° la clase de operación: base o adicional a la que pertenece la variable, significándose esto por O.A. operación adicional i O.B. operación base

Dentro del cuadríto está escrita una raya (-----) para la posible respuesta de la computadora v además se aprecia que es la variable

Ej: HN.....Nafta pesada  
 H.C.N. ....Nafta pesada crackeada

Encima del rectángulo del reforming medio apreciamos 0.862, esto es el rendimiento del reforming medio

Al costado izquierdo se aprecia que entra a la estación de reforming medio

$$\frac{L}{0.862} \cdot X_{25} \quad \text{y} \quad \frac{1}{0.862} \cdot X_{24}$$

Se aprecia que salen del reforming medio  $X_{25}$  y  $X_{24}$

Al costado derecho inferior se aprecia las características

del producto que sale reformado ligeramente Volatil %/200°F

-- 10.5 Volatil. %/300°F --- 62 Octanaje Gasolina

Regular --- 92.9 Octanaje Gasolina Extra 94.3

Iguals características se aprecian en la estación de Reforming severo

Dentro de la columna de la operación adicional (Topping) se aprecia las especificaciones para cada uno de los componentes

A la izquierda de la columna de la operación adicional se aprecia X  
19

=====  
=====  
Pasaremos a solucionar el problema.

2° P A R T E.-

S O L U C I O N A L P R O B L E M A.-

INTRODUCCION

En esta 2° parte se soluciona el problema dándose una previa información para entender las respuestas de la computadora al problema, para posteriormente pasar a la resolución del problema dándole la consiguiente solución la 1° parte de este trabajo que es el Planteo del problema.

Se acompañan listadas las respuestas de la computadora junto con un gráfico que ayudará para encontrar las especificaciones con que sañdrá la gasolina regular y la gasolina extra

CONCEPTOS DE SHADOW PRICE, GIVEWAYS, SOLUCION DUALSHADOW PRICE.-

Este concepto está involucrado a aquellas variables que están fuera de la base y como se traducen en cuestiones monetarias su ingreso a la base

Observemos que la función objetivo toma un valor mínimo para los vectores de la base final y que cambiando uno de estos vec-

alterar el valor de la función objetivo o mejor dicho va a subir en una cantidad ej: para los

vectores de base final  $P_1$   $P_2$   $P_3$   $Z$  arroja un valor de -11

Si  $P_4$  es un vector del sistema y lo cambiamos por  $P_2$  tendremos base  $P_1$   $P_4$   $P_3$

Si  $P_4$  tiene shadow Price = 2 . Este shadow price está referido a Por consiguiente  $Z = -11 + 2 = 9$  la unidad.

Los shadow price también se llaman multipliers o simplex Mult i vienen a ser un precio de sombra relacionado a la función objetivo

VARIABLE QUE ESTA EN LA BASE TIENE SHADOW PRICE = 0

VARIABLE QUE NO ESTA EN LA BASE TIENE SHADOW PRICE 0

La base óptima implica un modo de actuar, la modificación de ese comportamiento indica un cambio de base o sea la incorporación a la base de un vector ajeno a ella. Ahora la incorporación de ese vector trae consigo un castigo en la utilidad (si es que se esta tratando de maximizar utilidades). El castigo precisamente es el Shadow Price (Recorte que sufre la utilidad).

~~Siempre~~ Siempre el Shadow price o castigo se refiere a una unidad. Hay veces algunos Shadow price tienen un signo tal que se entiende no como castigo sino como que la utilidad aumentaría considerando que la capacidad de tal o cual equipo se aumentara o que algún requerimiento de mercado se aumentara pero en líneas generales son recortes que sufre la función objetivo. De ahí que es necesaria para la gerencia la información respecto a los shadow price para que tengan noción sobre cual sería el castigo monetario que sufrirían si por a o b circunstancias se ven obligados a cambiar de comportamiento. No olvidemos que en el futuro puede ocurrir en la empresa alguna situación que le impida seguir manteniendo el comportamiento que indica la base óptima o en otras palabras que se vea obligada a tomar otro comportamiento o sea a adoptar una nueva base. Claro está que los Shadow Price les servirán de información para que se decidan tomar aquel comportamiento donde su ganancia va ser lo menos posible disminuida

#### GIVEWAYS

En la página 62 se indica el concepto de Giveaways

#### SOLUCION DUAL

Esto se refiere en el caso a que si el término independiente de la ecuación (i) sufre un aumento en una unidad, entonces la función objetivo aumentará o disminuirá en la cantidad que fije la solución dual.

Imprta. destacar que algunas veces como se aprecia en el problema el aumentar en una unidad el término independiente de la ecuación i no trae consigo un aumento en el valor de la función objetivo o su solución dual = 0

### SALIDA DE LOS RESULTADOS

CUANDO SE UTILIZA el disco L.P. se recibe una información de la computadora donde indica varias cuestiones relativas a la matriz que uno plantea recibiendo uno lo que va almacenando la computadora tales como los distintos elementos de la matriz a saber: filas, vectores de la matriz y los coeficientes de las variables existentes en la matriz/ Todos estos elementos se aprecia en lo que va votando la computadora y sirven para chequear si es nos hemos equivocado en suministrarle algunos datos ya que hay veces uno puede suministrar N°s equivocados pero que a pesar de todo permiten la resolución del problema. En sí en esta 1° parte de lo que vota la computadora está inñie cada todos los datos.

A continuación se aprecia en el mismo listado las distintas iteraciones que hace la computadora para llegar a la solución óptima. Estas distintas iteraciones consisten en ir formando nuevas bases que van ir arrojando distintos valores para la función objetivo cada vez menores si es que se está minimizando costos y cada vez mayores si es que se está maximizando las distintas utilidades. En esta información se aprecia que vector está entrando y que vector está sañoemp para formar la nueva

base. También se reciben los errores presentes en el cálculo de la función objetivo. Y así se van recibiendo las distintas iteraciones hasta llegar a la iteración que dé la base óptima que está relacionada con la solución óptima, recibiendo la calidad de la mantissa y las respectivas tolerancias. Y entonces se recibe a continuación la base óptima, recibiendo indicadas las variables con su NAME ACTIVITY LEVEL o sea la magnitud de la variable. A continuación se recibe el valor de la función objetivo y las variables de slack (variables de holgura) también con su NAME ACTIVITY LEVEL y además con su SIMPLEX MULT (shadow price)

NOTA: En este listado de las variables de holgura están incluidas algunas variables que están en la base óptima junto con otras variables de holgura que no están en la base óptima. La distinción se hace considerando que la variable que está en la base óptima tiene shadow Price = 0 y la variable que no está en la base tiene shadow price  $\neq$  0

POSTERIORMENTE se puede recibir otras informaciones dependiendo estas de lo que se busca

### 3.- a) RESOLUCION DEL PROBLEMA

Cuando hemos fijado y planteado nuestra matriz problema pasamos a resolverla. La consideración de ser un problema con 18 ecuaciones y 37 variables obligó al uso de una computadora.

Se vuelve a recalcar de que en el proceso simplex se considera la eliminación de las variables no factibles, precisamente cuando ya se han eliminado todas las variables no factibles se recibe en la computadora el aviso de Feasible solution.

Ahora la utilización de la computadora obligó al uso previo de

las tarjetas I.B.M.. Precisamente en estas tarjetas perforamos los datos correspondientes que figuran en la matriz. Añadimos los cargadores correspondientes y utilizamos el disco apropiado para cuestiones de L.P.. En seguida utilizamos la computadora 1620 para que resuelva el problema. Posteriormente recibimos la respuesta de la computadora que se acompaña continuación.

La siguiente lista son los datos que alimentamos a la computadora

DATOS

INPUT. C02000 PETROL

ROW. 10

- Z
- + R1
- + R2
- + R3
- + R4
- + R5
- + R6
- + R7
- + R8
- + R9
- + R10
- + R11
- + R12
- + R13
- + R14
- OR15
- OR16

+ R17

+ R18

MATRIX

P8	R8		1.
P			
P8	Z	-	2.55
P9	R9		1.
P9	Z		3.373
P15	R15		
P15	Z		.310
P16	R16		
P16	Z		.264
P19	R1		.169
P19	R2	-	.145
P19	R5	-	.411
P19	R6	-	.143
P19	R7		.020
P19	R17		1.
P19	Z	-	1.954
P20	R1		1.
P20	R8		1.
P20	R10	-	43.5
P20	R11	-	26.
P20	R15		2.7
P21	R1		1.
P21	R9		1.
P21	R12	-	31.
P21	R13		20.5
P21	R14	-	10.
P21	R16		2.9
P22	R2		1.

P22	R8		1.
P22	R10		19.5
P22	R11		24.
P22	R15		9.
P23	R1		1.
P23	R9		1.
P23	R12		32.
P23	R13	-	42.5
P23	R14		40.
P23	R16		12.9
P24	R2		1.160
P24	R8		1.
P24	R10		19.5
P24	R11		8.
P24	R15	-	2.9
P24	R18		1.160
P24	Z	-	.483
P25	R2		1.160
P25	R9		1.
P25	R12		32.
P25	R13	-	42.5
P25	R14		24.
P25	R16	-	.4
P25	R18		1.160
P25	Z	-	.483
P26	R2		1.239
P26	R8		1.
P26	R10		14.5
P26	R11		8.

P 26	R15	4.3
P P 26	R18	1.239
P26	Z	.520
P27	R2	1.239
P27	R9	1.
P27	R12	27.
P27	R13	37.5
P27	R14	24.
P27	R16	2.
P27	R18	1.239
P27	Z	.520
P28	R3	1.
P28	R8	1.
P28	R10	42.5
P28	R11	28.
P28	R15	26.6
P29	R3	1.
P29	R9	1.
P29	R12	30.
P29	R13	19.5
P29	R14	12.
P29	R16	3.3
P30	R4	1.
P30	R8	1.
P30	R10	35.5
P30	R11	58.
P30	R15	2.3
P31	R4	1.
P31	R9	1.
P31	R12	48.

P31	R13	-	58.5
P31	R14		74.
P31	R16		1.3
P32	R5		1.
P32	R8		1.
P32	R10	-	14.5
P32	R11	-	14.
P32	R15	-	5.5
P33	R5		1.
P33	R9		1.
P33	R12	-	2.
P33	R13	-	8.5
P33	R14		2.
P33	R16	-	1.8
P34	R6		1.
P34	R8		1.
P34	R10		37.5
P34	R11		61.
P34	R15	-	1.1
P35	R6		1.
P35	R9		1.
P35	R12		50.
P35	R13	-	60.5
P35	R14		77.
P35	R16		3.5
P36	R7		1.
P36	R8		1.
P36	R10		3.5
P36	R11		14.

P36	R15	3.5
P37	R7	1.
P37	R9	1.
P37	R12	16.
P37	R13	- 26.5
P37	R14	30.
P37	R16	6.6

FIRST. BRESTR.

R1	1600
R2	1450.
R3	1580.
R4	580.
R7	200.
R8	3800.
R9	3000.
R17	2500.
R18	1500.

ENDATA

ASSIGN 0935

MIN.....RESTRZ

SABE.8

OUTPUT

CHECK

COST.R

ITER	VARBL.	EXIT	VARBL.	ENTR	CNT	OBJ. FUNCTION
0001	R8	U.B.	P36		002	.000
0002	R15		P34		005	.000
0003	R9	U.B.	P37		005	.000
0004	R16		P35		007	.000
0005	R14		P33		006	.000
0006	R11		P32		006	.000
0007	R5		P31		004	.000
0008	P35		P30		005	.000
0009	P34		P29		005	.000
0010	R13		P28		005	.000
0011	R7		P15		004	8065.839
0012	R3		P27		005	7402.933
0013	R10		R11		007	9162.456
0014	P33		R14		007	7963.652
0015	R11		R10		006	10422.039
MAX	EROR	+	0.00900000			
0016	R2		R13		005	3696.338
0017	r14		P21		005	2219.941
0018	R13		P33		005	2102.419
0019	R1		P19		005	348.700-
0020	P37		P20		004	719.216-
0021	P33		R13		004	784.184-
0022	R18		R2		003	1312.960-
0023	R13		P33		003	1318.828-
0024	R4		P34		002	1437.353-
0025	P31		P26		001	2009.633-
0026	P32		P25		001	2045.803-

BASIS.

MANTISSA 10 TOLERANCES )% )£ )£ )£ )£

BASIS MANTISSA 10 TOLERANCES 05 03 03 03 03

VARBLE	TYPE	NAME	ACTIVITY	LEVEL
		FP15		9945.476
		FP19		2303.024
		FP20		790.248
		FP21		1198.963
		FP25		194.836
		FP26		657.786
		FP27		370.455
		FP28		1290.797
		FP29		289.203
		FP30		580.000
		FP33		946.543
		FP34		235.109
		FP36		246.060

SLACKS	TYPE	NAME	ACTIVITY	LEVEL	SIMPLEX	MULT
	FZ			2045.803-		
	+Wr1				1.699	
	+FR2			283.939		
	+WR3				4.648	
	+WR4				.471	
	+Wr5				4.049	
	+FR6			94.224		
	+ WR7				.128	
	OGR8			.000	1.676-	
	OGR9			.000	2.910-	
	+FR10			49428.979		
	+WR11				.033	

+FR12	31500.000	
+WR13		.093
+WR14		.185
QWR15		.310
OWR16		.401
+FR17	196.976	
+WR18		1.796

DISPOSICION DE LOS COMPONENTES EN LA SOLUCION OPTIMA

La disposición de los componentes en la solución óptima es

La nafta ligera para formar gasolina regular asciende a la cantidad de 7,902.48 barriles diarios .....X20

La nafta ligera para formar gasolina extra asciende a la cantidad de 11,989.63 barriles diarios.....X21

La nafta ligera para formar fuel oil asciende a la cantidad de 0 ..... X1

La nafta pesada para formar gasolina regular asciende la cantidad de 0 ..... X22

La nafta pesada para formar gasolina extra asciende a la cantidad de 0 ..... X23

La nafta pesada para formar fuel oil asciende a la cantidad de 2,839.39

La nafta pesada obtenida por reforma ligera para formar gasolina regular asciende la cantidad de 0.....X24

La nafta pesada obtenida por reforma ligera para formar gasolina extra asciende a la cantidad de 1.948.36 barriles..X25

La nafta pesada obtenida por reforma ligera para fuel oil es 0

La nafta pesada obtenida por reforma severa para formar gasolina regular asciende a la cantidad de 6,577.86 barriles..X26

La nafta pesada obtenida por reforma severa para formar gasolina extra asciende a la cantidad de 3074.55 barriles...X27

La nafta ligera crackeada de la operación adicional para gasolina regular es 0 .....X32

La nafta ligera crackeada par fuel oil es cero ....X5

La nafta ligera crackeada para extra es 9,465.43.....X33

La nafta pesada crackeada para regular es 2,351.09..X34

de la operación adicional

La nafta pesada crackeada para extra es cero de la operación adicional.... 35

La nafta pesada crackeada para fuel oil es 942.24...X6 de la operación adicional

La nafta ligera crackeada de la operación base para gasolina regular asciende a 12,907.97... X28

La nafta ligera crackeada de la operación base para extra asciende a 2,892.03 .....X29

La nafta ligera crackeada de la operación base para fuel oil asciende cero....X3

La nafta pesada crackeada de la operación base para gasolina regular asciende 5,800....X30

La nafta pesada crackeada de la operación base para gasolina extra asciende a cero.....X31

La nafta pesada crackeada de la operación base para fuel oil asciende a cero....X4

La nafta visbreaker para formar gasolina regular asciende a la

cantidad de 2,460.60.....X36

La nafta visbreaker para formar gaaolina extra asciende a la cantidad de cero....X37

La nafta visbreaker para formar fuel oil asciende a la cantidad de 0....X7

Se puede comprobar cada uno de los resultados sea las respuestas a las variables que están en la base, de la siguiente manera, sustituyendo sus valores en las ecuaciones correspondientes debiéndose cumplir cada una de las ecuaciones. Este trabajo ya se ha hecho comprobando la validez de las respuestas. Pero por ser comprobación de ecuaciones no se adjunta este trabajo

Formulemos en un cuadro los resultados.

	BARRILES POR DIA			
	REGULAR	EXTRA	FUEL	
NAFTA LIGERA	7,902.48	11,989.63	0	19,892.11
NAFTA PESADA	0	0	2,839.39	2,839.39
NAFTA PESADA REFORMA LIGERA	0	1,948.36	0	1,948.36
NAFTA PESADA REFORMA SEVERA	6,577.86	3,704.55	0	10,282.41
NAFTA LIGERA CRACKEABLE OPERACION BASE	12,907.97	2,892.03	0	- 15,800
NAFTA PESADA CRACKEABLE OPERACION BASE	5,800	0	0	5,800
NAFTA LIGERA CRACKEABLE OPERACION ADICIONAL		9,465.43	0	9,465.43
NAFTA PESADA CRACKEABLE OPERACION ADICIONAL	2,351.09	0	942.24	3,293.33
NAFTA VISBREAKER	2,460.60	0	0	2,460.60
	38,000.00	30,000.00	3781.43	71,781.63

Como se aprecia del cuadro anterior son encontrados y satisfechos los requerimientos de gasolina regular i gasolina ext. apreciándose los distintos destinos de los componentes. ES importante destacar que la gasolina regular es mezcla de la mayoría de los componentes tal cosa se puede apreciar en el cuadro donde se aprecia la operación adicional i la operación base

La operación adicional trata sobre el máximo de 25,000 barriles la cantidad de 23,030.24 barriles por consiguiente:

$X_{19} = 23,030.24$  barriles y de la ecuación  $X_{17} + X_{19} = 25,000$  obtenemos para  $X_{17}$  la cantidad de 1,969.76 barriles/día que no se refinan en la operación adicional.

ES lógico pensar que tenemos que dar las respuestas a las 37 variables

En 1° lugar diremos que la base final consta de los siguientes vectores.

$P_2, P_6, P_{10}, P_{12}, P_{15}, P_{17}, P_{19}, P_{20}, P_{21}, P_{25}, P_{26}, P_{27}, P_{28}, P_{29}, P_{30}, P_{33}, P_{34}$   
 $P_{36} \dots \dots \dots$  18 vectores en total.

Los valores que hemos obtenido para estos vectores son los que están debajo del vector que minimiza la función objetivo

Pasarwmoa a tabular los distintos valores que corresponden a las variables recordando que la solución es

$$X = ( X_2, X_6, X_{10}, X_{12}, X_{15}, X_{17}, X_{19}, X_{20}, X_{21}, X_{25}, X_{26}, X_{27}, X_{28}, X_{29}, X_{30}, X_{33}, X_{34}, X_{36} )$$

SOLUCION

Por consiguiente la solución es

$$X_2 \dots \dots \dots 2,839.39$$

$$X_6 \dots \dots \dots 942.24$$

$X_{10}$	494,289.79
$X_{12}$	315,000
$X_{15}$	99,454.76
$X_{17}$	1,969.76
$X_{19}$	23,030.24
$X_{20}$	7,902.48
$X_{21}$	11,989.63
$X_{25}$	1,948.36
$X_{26}$	6,577.86
$X_{27}$	3,704.55
$X_{28}$	12,907.97
$X_{29}$	2,892.03
$X_{30}$	5,800.00
$X_{33}$	9,465.43
$X_{34}$	2,351.09
$X_{36}$	2,460.60.

Se aprecia del cuadro anterior que para formar fuel oil se destinan un total de 3,781.63 barriles. En realidad el problema no ataca consideraciones de fuel oil sino que los excesos en la destilación se mandan para formar fuel oil en tales excesos podemos apreciar la nafta pesada crackeable de la ope-

ración adicional y la nafta visbreaker.

BALANCE DE NAFTA PESADA

$$2,839.39 \text{ b/ día a fuel oil} + 1.160 \times 1,948.36 \text{ b/ día a ligera reforma} \\ + 1.239 \times 10,282.41 \text{ b/ día severa reforma} = 17,839.39$$

Hemos apreciado que la base consta de 18 variables. Por consiguiente fuera de la base tenemos 19 variables teniendo todas estas el valor de 0 por el principio conocido de Programación lineal que dice todas las variables que no están en la base tienen por valor cero.

Así es que la verdadera solución es considerar que aparte de los números que corresponden a las distintas variables dadas anteriormente bajo el título de solución hay que añadir que las restantes variables tienen por valor la cantidad de cero.

Para una consideración más clara daremos las 37 variables con sus respuestas

RESPUESTAS

$$X_1 \dots \dots \dots = 0$$

$$X_2 \dots \dots \dots = 2,839.39$$

$$X_3 \dots \dots \dots = 0$$

$$X_4 \dots \dots \dots = 0$$

$$X_5 \dots \dots \dots = 0$$

$$X_6 \dots \dots \dots = 942.24$$

$$X_7 \dots \dots \dots = 0$$

$x_8 \dots 0$   
 $x_9 \dots 0$   
 $x_{10} \dots 494,289.79$   
 $x_{11} \dots 0$   
 $x_{12} \dots 315,000$   
 $x_{13} \dots 0$   
 $x_{14} \dots 0$   
 $x_{15} \dots 0$   
 $x_{16} \dots 0$   
 $x_{17} \dots 1,969.76$   
 $x_{18} \dots 0$   
 $x_{19} \dots 23,030.24$   
 $x_{20} \dots 7,902.48$   
 $x_{21} \dots 11,989.69$   
 $x_{22} \dots 0$   
 $x_{23} \dots 0$   
 $x_{24} \dots 0$   
 $x_{25} \dots 1,948.36$   
 $x_{26} \dots 6,577.86$   
 $x_{27} \dots 704.55$

X<sub>28</sub>.....12,907.97

X<sub>29</sub>..... 2,892.03

X<sub>30</sub>..... 5,800

X<sub>31</sub>..... 0

X<sub>32</sub>..... 0

X<sub>33</sub>.....9,464.43

X<sub>34</sub>.....2,351.09

X<sub>35</sub>..... 0

X<sub>36</sub>..... 2,460.60

X<sub>37</sub>.....0

CALCULO DE LOS GIVEAWAYS

Los giveaways habíamos dicho son excesos sobre las especificaciones

VARIABLES que tienen Giveaways

X<sub>10</sub>, X<sub>11</sub>, X<sub>12</sub>, X<sub>13</sub>, X<sub>14</sub>, X<sub>15</sub>, X<sub>16</sub>

GIVEAWAY PARA X<sub>10</sub>

X<sub>10</sub> = Giveaway x b/ día de Gasolina regular

Por computadora

$$X_{10} = 494,289.79$$

Por consiguiente

$$494,289.79 = \text{Giveaway} \times 38,000$$

$$\text{Giveaway} = \frac{494,289.79}{38,000} = 13.00$$

GIVEAWAY PARA X<sub>11</sub>

$$X_{11} = 0$$

$$X_{11} = \text{Giveaway} \times 38,000 = 0$$

Por consiguiente Giveaway = 0

GIVEAWAY PARA X<sub>12</sub>

$$X_{12} = 315,000$$

$$X_{12} = \text{Giveaway} \times 30,000$$

$$315,000 = \text{Giveaway} \times 30,000$$

$$\text{Giveaway} = \frac{315,000}{30,000} = 10.5$$

GIVEAWAY PARA X<sub>13</sub>

$$X_{13} = 0$$

$$0 = \text{Giveaway} \times 30,000$$

Por consiguiente Giveaway = 0

GIVEAWAY PARA X<sub>14</sub>

$$X_{14} = 0$$

0= Giveaway x 30,000

Por consiguiente Giveaway = 0

GIVEAWAY PARA X<sub>15</sub>

$$X_{15} = 99,454.76$$

$$X_{15} = \text{Giveaway} \times 38,000$$

Luego 99,454.76 Giveawa x 38,000

$$\begin{array}{r} \text{Giveaway} \quad 99,454.76 \\ \quad \quad \quad 38,0000 \end{array} = 2.61$$

GIVEAWAY PARA X<sub>16</sub>

$$X_{16} = 0$$

$$X_{16} = \text{Giveaway} \times 30,000$$

Por consiguiente Giveaway = 0

CALCULO DE LAS ESPECIFICACIONES CON QUE DEBE SALIR LA GASOLINA REGULAR Y LA GASOLINA XTRA

Con los giveaways calculados podemos determinar las especificaciones propias para las dos gasolinas

GASOLINA- REGULAR

Especificación planteada para la Vol %/ 200 ° F  $\geq$  30

$X_{10}$  es la variable relacionada con esta volatilidad i el giveaway correspondiente, ya calculado es 13.00. Por consiguiente el exceso que se debe dar sobre la especificación mínima es 13.00

Siendo la especificación mínima 30 tenemos que la volatilidad resultante debe ser

$$30 + 13 = 43.00$$

Por consiguiente la gasolina regular saldrá con la Volatilidad %/200. ° F 43.00

Especificación planteada para la Vol %/ 300° F  $>$  70

$X_{11}$  es la variable relacionada con esta volatilidad i el giveaway correspondiente es 0. Por consiguiente el exceso que se debe dar sobre la especificación mínima es 0 i en consecuencia la gasolina regular saldrá con la especificación que corresponde la especificación mínima

Por consiguiente la gasolina regular saldrá con la Volatilidad %/ 300° F = 70.00

Cálculo del Octanaje

Especificación planteada para el octanaje  $>$  90

$X_{15}$  es la variable relacionada con el octanaje de la gasolina regular el giveaway correspondiente es diferente de 0. Por consiguiente habrá que añadir cierta cantidad a la especificación mínima del octanaje, salvo que disminuyamos el contenido de Plomo tetraetílico por galón.

Al° instancia debemos sacar la gasolina regular con el octanaje de 90 + 2.61 92.61. pero lo que vamos a hacer es dis-

minuir el plomo tetraetílico usado, lo cual nos va a traer como consecuencia un ahorro monetario ya que disminuyendo en 2.61 unidades el octanaje, por cada barril nos ahorramos \$ 0.310 x 2.61 alcanzamos satisfacer a la especificación mínima que es octanaje + = 90.

La cantidad que vamos a usar de Plomo tetraetílico por galón la obtenemos del gráfico que figura en la siguiente página.

GASOLINA EXTRA

Especificación planteada para la Vol %/ 200° F:

$$42.5 \leq \text{Volatil. \%}/200 \text{ °f} \leq 53$$

$X_{13}$  es la variable relacionada con esta volatilidad i el giveaway correspondiente ya calculado es 0, debo recalcar que  $X_{13}$  es la variable relacionada con la especificación máxima o sea 53, y ya que el giveaway es 0 no se altera en absoluto esta especificación máxima.

Ahora vamos la especificación mínima o sea 42.5

$X_{12}$  es la variable relacionada con esta especificación i el giveaway correspondiente es 10.5. Por consiguiente habrá que hacer una aumento sobre la especificación mínima.

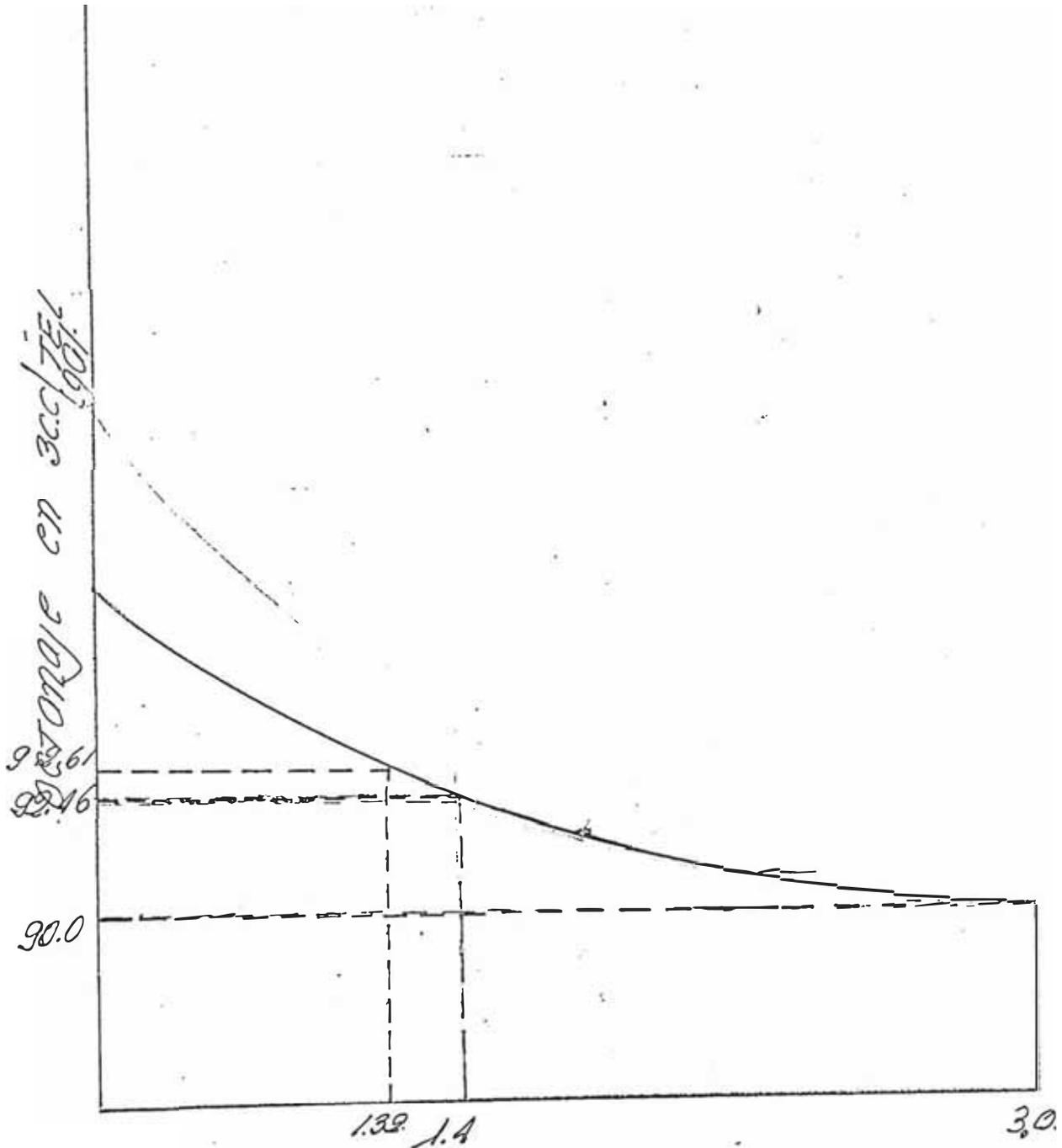
Luego considerando la especificación mínima vemos que la volatilidad resultante será

$$42.5 + 10.5 = 53$$

En conclusión teniendo en cuenta ya sea la especificación máxima o mínima, la gasolina extra saldrá con la siguiente propuesta :

Volatilidad %/200°f = 53

# Octanaje Vs Contenido de TEL/gal.



c.c./gal. TEL  
necesitados para encontrar la especi-  
ficación  
cantidad de  
ps TEL en l. usado.

1 Especificación planteada para la Vol %/ 300° F = 86.

es la variable relacionada con esta volatilidad i el giveaway correspondiente es 0. Por consiguiente el exceso que se debe dar sobre la especificación mínima es 0 i en consecuencia la gasolina extra saldrá con la especificación que corresponde a la especificación mínima.

NUEVA ESPECIFICACION = ESPECIFICACION MINIMA + GIVEAWAY

$$X = 86 + 0$$

$$X = 86$$

Por consiguiente la gasolina extra saldrá con la volatilidad -  
%/ 300° F = 86.

CALCULO DEL OCTANAJE.

Especificación planteada para el octanaje = 94

$X_{16}$  es la variable relacionada con el octanaje de la gasolina extra i el giveaway correspondiente es 0. Por consiguiente no habrá que añadir ninguna cantidad a la especificación mínima, i en consecuencia la gasolina extra saldrá con el octanaje de 94 de acuerdo :

NUEVA ESPECIFICACION ESPECIFICACION MINIMA GIVEAWAY

$$X = 94 + 0$$

$$X = 94.$$

Luego octanaje de Gasolina extra 94.

El entendimiento del anterior gráfico es considerar que el rendimiento de una gasolina que contiene 90 octanos, teniendo

1.4 c.c./ gal TEL ( Plomo tetraetílico) , es similar al rendimiento de una gasolina de 92.46 octanos con 3 c.c./gasl TEL, como que también es similar el rendimiento de una gasolina que contiene 90 octanos con 1.32 c. c./ gal TEL al de una gasolina de 92.61 óctanos con 3 c.c. / gasl TEL

Por consiguiente son similares las combinaciones:

90 con 1.4 a 92.46 con 3

i:

90 con 1.32 92.61 con 3

Por consiguiente en vez de utilizar la combinación 92.61 con 3, utilicemos 90 con 1.32 i así nos estaremos ahorrando:

3- 1.32 = 1.68 c.c./gal TEL que a final de cuentas va a ser un ahorro considerable teniendo en cuenta la cantidad de galones que hay en los 38,000 barriles de gasolina regular i a los cuales tendremos que añadirle TEL.

Y no nos olvidemos que al sacarla con 90 octanos, estamos satisfaciendo la especificación mínima para la gasolina regular.

POR consiguiente el gráfico nos sirve para ver la cantidad de plomo tetraetílico que va a contener por galón la gasolina regular

#### CALCULO DEL AHORRO POR USAR MENOS PLOMO TETRAETILICO

Nos ahorramos \$ 0.310 cuando disminuimos en 1 unidad el octanaje presente en 1 barril, sacando la gasolina regular no con 92.61 octanos sino con 90 estamos disminuyendo el octanaje en 2.61 unidades.

Por consiguiente : el ahorro por barriles :

0.310 x 2.61

Y el ahorro en 38,000 barriles ascenderá a la cantidad de

$\$ 0.310 \times 2.61 \times 38,000 = 30,745.80$  dólares.

CALCULO DEL BENEFICIO

Operando bajo el sistema impuesto por la solución por Programación lineal a este problema, el beneficio sería el que con tinuación calculamos.

En 1° lugar el beneficio será la diferencia entre los Ingresos menos los costos o sea

BENEFICIO            INGRESOS - COSTOS

Entre los Ingresos tenemos el importe de la venta del heating oil, de la gasolina regular i de la gasolina extra.

También debemos considerar como ingresos, el ahorro monetario al usar menos TEL i como costos consideraremos el costo que importa refinar los 100,000 barriles en la operación base los 23,030.24 barriles en la operación adicional. También en los costos se debe considerar los costos de las operaciones de re - formación.

CALCULO DE LOS INGRESOS

VENTA DE GASOLINA REGULAR

$38,000 \times 2.550 = 96,900$  dólares

VENTA DE GASOLINA EXTRA

$30,000 \times 3.373 = 110,190$  dólares

VENTA DE HEATING OIL

$27,000 \times 1.740 = 46,980$  dólares

AHORRO EN TEL

Este ahorro ya se calculó anteriormente i es :

$$2.61 \times 38,000 \times 0.310 = 30,745.80 \text{ dólares}$$

TOTAL DE INGRESOS;

$$96,900 + 110,190 + 46,980 + 30,745.80 = \underline{275,815.80} \text{ dólares}$$

Pasaremos enseguida a calcular los costos.

CALCULO DE LOS COSTOS

COSTO DE REFINACION EN LA OPERACION BASE

$$100,000 \times 1.476 = 147,600 \text{ dólares}$$

COSTO DE REFINACION EN LA OPERACION ADICIONAL

$$23,030.24 \times 1.954 = 45,001.09 \text{ dólares}$$

COSTO DE LA OPERACION DE REFORMA LIGERA

$$1948.36 \times 0.483 = 941.06 \text{ dólares}$$

COSTO DE LA OPERACION DE REFORMA SEVERA

$$10,282.41 \times 0.520 = 5346.85 \text{ dólares}$$

TOTAL DE COSTOS

$$147,600 + 45,001.09 + 941.06 + 5346.85 = 198,889 \text{ dólares}$$

POR CONSIGUIENTE EL BENEFICIO NETO SERA

INGRESOS - COSTOS

$$275,815.80 - 198,889 = \underline{76,926.80} \text{ dólares}$$

NOTA: A fin de que quede completamente claro la forma como -

se ha llegado al cálculo del beneficio, debe recordarse lo siguiente:

- 1°.- Que el precio de venta de 1 barril de Gasolina regular es \$ 2.550
- 2° Que el precio de venta de 1 barril de Gasolina extra es \$ 3.373
- 3° Que el precio de venta de 1 barril de heating oil es \$ 1.740
- 4° Que el ahorro incurrido en TEL al bajar en una unidad el octanaje presente en un barril, de la gasolina regular es \$ 0.310
- 5° Que refinar 1 barril en la operación base cuesta \$ 1.476
- 6° Que refinar un barril en la operación adicional cuesta \$ 1.954
- 7° Que reformar 1 barril en la operación de reforma ligera cuesta \$ 0.483
- 8° Que reformar 1 barril en la operación de reforma severa cuesta \$ 0.520 dólares

La computadora arroja para Z la cantidad de \$ 20,458.03, pero en realidad nosotros planteamos a la computadora la expresión A que es :

$$\begin{aligned}
 97,470 = & Z + 2.550 X_8 + 3.373 X_9 - 0.310 X_{15} - 0.264 X_{16} \\
 & + 1.954 X_{19} + 0.483 X_{24} + 0.483 X_{25} + 0.520 X_{26} \\
 & + 0.520 X_{27}
 \end{aligned}$$

Por consiguiente el verdadero beneficio será el siguiente:

$$Z = 96,470 - 20,458.03 = \underline{77,011.97 \text{ dólares}}$$

Anteriormente habíamos calculado el beneficio i este ascendía a la cantidad de 76,926.80 dólares

La divergencia del beneficio directo que da la computadora, con el beneficio calculado es de apenas

$$77,011.97 - 76,926.80 = \$ 85.17 \text{ dólares}$$

De lo cual podemos apreciar la bondad del método de la Programación lineal.

Esta divergencia puede atribuirse a errores en la consideración del gráfico, procesado etc.

El verdadero beneficio que asimilaremos nosotros será el que ha arrojado la computadora i que es :

BENEFICIO 77,011.97 dólares

#### INTERPRETACION DE LOS SHADOW PRICE

En páginas anteriores hacemos un comentario respecto a los shadow price que sería útil leerlo antes, a fin de entender la interpretación .

+ WR1 = 1.699. Este es el shadow price de  $X_1$  o sea los dólares que perdemos por cada barril de nafta ligera que mandemos a fuel oil fuera del destacado por la solución óptima.

Entiéndase esto de la siguiente manera:

La computadora arrojó para  $X_1$  la cantidad de 0 barriles, o sea la cantidad que debemos destinar de Nafta ligera a fuel oil es ninguna, pero si variáramos el comportamiento de esta solución o

sea que mandamos barriles de N. L. a fuel oil, por cada barril que se mande se dejará de percibir \$ 1.699 con respecto a la utilidad máxima.

Los demás shadow price entiéndanse de la misma manera con excepción del shadow price para  $X_8$ ,  $X_9$  i  $X_{18}$ , en estos casos se da otro concepto de shadow price.

$+WR_3 = 4.648$  L.C.N/ enviado a fuel oil

Son los dólares que perdemos por cada barril de L.C. N. (operación base) que mandemos a fuel oil fuera del destacado por la solución

$+WR_4 = 0.471.$  H.C.N. enviado a fuel oil

Son los dólares que perdemos por cada barril de H.C.N. (operación base) que mandamos a fuel oil fuera del destacado por la solución.

$+WR_5 = 4.049$  L.C.N. de la operación adicional enviado a fuel oil.

Són dólares/ barril perdidos cuando enviamos un barril en exceso al fijado por la solución para  $X_5$

$+WR_7 = 0.128$  NAFTA VISBREAKER enviado a fuel oil

dólares/ barril perdidos cuando enviamos un barril en exceso al fijado por la solución para  $X_7$

$OGR_8 = - 1.676.$  Requerimientos de gasolina regular no encontrados.

Este es el shadow price bruto, consideremos el shadow price neto.

$$\text{Shadow price neto} = Z_j - C_j$$

Por consiguiente

Shadow price neto  $= -1.676 + 2.550 = 0.874$ . En este caso el shadow price debe interpretarse de la siguiente manera:

Que si aumentáramos el requerimiento de mercado para la gasolina regular; por cada barril adicional ganaríamos \$ 0.874 mas.

Esto nos sirve como pauta para saber que si aumenta el pedido de fabricación de gasolina regular, nos convendría en la cantidad de 0.874 dólares por cada nuevo barril producido.

$OGR_9 = -2.910$ . Requerimientos de gasolina extra no encontrados.

Este es el shadow price bruto, consideremos el shadow price neto.

$$\text{Shadow price neto} = Z_1 - C_j$$

Por consiguiente

Shadow price neto  $= -2.910 + 3.373 = 0.462$ . En este caso el shadow price debe interpretarse de la siguiente manera:

Que si aumentáramos el requerimiento de mercado para la gasolina extra; por cada barril adicional ganaríamos \$ 0.462 más.

$$+FR_{11} = 0.033.$$

Son los dólares/ barril perdidos cuando elevamos en 1% la volatilidad mínima para la gasolina regular fuera del destacado por la solución. Vol %/ 200 ° F

$$+WR_{13} = 0.093.$$

Son los dólares/barril perdidos cuando bajamos en 1% la volatilidad máxima %/300°F para la gasolina extra destacado por la solución.

OWR<sub>15</sub> = 0.310. Este es el shadow price bruto ~~consideremos~~  
el shadow price neto.

$$\text{Shadow price neto} = Z_j - C_j$$

Por consiguiente

$$\text{Shadow price neto} = 0.310 - 0.310 = 0$$

OWR<sub>16</sub> 0.401 Este es el shadow price bruto, consideremos  
el shadow price neto

$$\text{Shadow price neto} = Z_j - C_j$$

Por consiguiente

$$\text{Shadow price neto} = 0.401 - 0.264 = 0.137$$

NOTA: Obsérvese que en el cálculo de estos shadow price se  
está considerando los costos de \$ 0.310 i \$ 0.264.

+ WR<sub>18</sub> = 1.796. Capacidad de reforma sin usar.  
La variable X<sub>18</sub> se refiere a la capacidad  
de reforma dejada sin usar. Este shadow -  
price se debe entender en este caso, como -  
una ganancia en el supuesto de que aumentá  
ramos la capacidad de reforma. Esto signi-  
caría que por barril que aumentemos la ca-  
pacidad de reforma, ganaríamos \$ 1.796

+WR<sub>22</sub> 1.907. Son los dólares/ barril que perdemos cuando -  
mandamos 1 barril en exceso de H.N. para gaso-  
lina regular con respecto al fijado por la  
solución óptima.

+ WR <sub>23</sub>	= 5.727.	<p>Nafta pesada enviada a gasolina extra</p> <p>Son los dólares/ barril que perdemos cuando mandamos 1 barril en exceso de H.N. para gasolina extra con respecto al fijado por la solución óptima</p>
+ WR <sub>24</sub>	0.255	<p>Nafta reformada ligeramente para gasolina regular</p> <p>Son los dólares/ barril perdidos cuando elevamos en 1 barril la cantidad de barriles reformados para gasolina regular</p>
+WR <sub>31</sub>	= 6.350	<p>H. C. N. enviada a gasolina extra</p> <p>Son los dólares/barril perdidos cuando elevamos en 1 barril el destino de H. C. N. para gasolina extra con respecto al fijado por la solución óptima</p>
+WR <sub>32</sub>	= 0.204	<p>L.C.N. de la operación adicional enviada para gasolina regular</p> <p>Son los dólares/ barril perdidos cuando elevamos en 1 barril el destino del L.C.N. de la operación adicional para gasolina regular con respecto al fijado por la solución óptima</p>
+WR <sub>35</sub>	= 7.131	<p>H.C.N. de la operación adicional enviada para gasolina extra</p> <p>Son los dólares/barril perdidos cuando elevamos en 1 barril el destino del H. C. N.</p>

de la operación adicional para gasolina extra con respecto al fijado por la solución óptima

+ WR<sub>37</sub>

2.959

Nafta visbreaker enviada a gasolina extra

Son los dólares/ barril perdidos cuando elevamos en 1 barril el destino de la nafta visbreaker para gasolina extra con respecto al fijado por la solución óptima.

NOTA Como se explica en la sección de los shadow price, estos números tienen mucha importancia i servirán a la gerencia como pauta de la cantidad en que puede disminuir sus utilidades. Por consiguiente solo les quedará hacer algunos cálculos para ver la nueva utilidad que les va a producir actuar bajo un determinado plan. No nos olvidemos que pueden presentarse situaciones tales para la gerencia que ella se puede ver obligada a variar de algún modo la solución óptima.

CONCLUSIONES RESPECTO AL PROBLEMA

RESPUESTAS PARA LA GERENCIA

CONCLUSIONES RESPECTO A REFINACION

Se refinarán un total de 123,030.24 barriles diarios repartidos en 2 operaciones.

- a) Operación base: Se refinarán 100,000 barriles diarios
- b) Operación adicional.- Se refinarán 23,030.24 barriles diarios

CONCLUSIONES RESPECTO A PRODUCCION

Se fabricará: Gasolina regular, gasolina extra, heating oil i fuel oil en las siguientes cantidades i bajo las siguientes características

GASOLINA REGULAR

CANTIDAD:

La cantidad fabricada diariamente será 38,000 barriles

CARACTERISTICAS

- a) Volatilidad %/200°F = 30
- b) Volatilidad %/300° F = 70
- c) Octanaje = 90
- d) Plomo tetraetílico por galón = 1.32 c.c./ gal

GASOLINA EXTRA

CANTIDAD

La cantidad fabricada diariamente será 30,000 barriles

CARACTERISTICAS

- a) Volatilidad %/200 ° F = 53
- b) Volatilidad %/300 ° F = 86

c) Octanaje = 94

d) Plomo tetraetílico por galón = 3c.c./ gal

#### HEATING OIL

##### CANTIDAD

cantidad fabricada diariamente será 27,000 barriles

##### CARACTERISTICAS

Las características no son precisadas sino que el heating oil - producido debe ser propiamente un heating oil

#### FUEL OIL

##### CANTIDAD

La cantidad fabricada diariamente será 3,781.63 barriles

##### CONCLUSIONES RESPECTO A REFORMA

La refinería trabajará a la entera capacidad de reforma, dicha reformación abrcará una reforma ligera i una reforma severa

##### REFORMA LIGERA

Se reformarán 1,948.36 barriles de nafta pesada, que se destinarán íntegramente para la gasolina regular

##### REFORMA SEVERA

Se reformarán 10,282.41 barriles de nafta pesada que se destinarán así:

6,577.86 barriles para gasolina regular

1 3704.55 barriles para gasolina extra.

CONCLUSIONES MONETARIAS

La operación practicada arrojará un beneficio de 77,011.97 dólares para ello se irrogarán los siguientes gastos.

198,889 dólares para la refinación de los 123,030.24 barriles repartidos de la siguiente manera.

a.-) 147,600 dólares para la destilación primaria de los ---  
100,000 barriles de la operación base

b.-) 45,001.09 dólares para la destilación primaria de los -----  
23,030.24 barriles de la operación adicional

c.-) 6,287.91 dólares para la operación de reforma. Dicha cantidad se divide en

941.06 dólares para la reforma ligera y

5,346.85 dólares para la reforma severa

La empresa recibirá 96,900 dólares por la venta de los -----  
38,000 barriles de gasolina regular, vendiendo cada barril  
2.550 dólares

La empresa recibirá 110,190 dólares por la venta de los ---  
30,000 barriles de gasolina extra vendiendo cada barril a ---  
\$ 3.373

La empresa recibirá 46,980 dólares por la venta de los ----  
27,000 barriles de heating oil vendiendo cada barril a \$ 1.740

La empresa venderá los 3,781.63 barriles de fuel oil al --

precio que ella crea conveniente lo cual también le significará una entrada .

Si es que la empresa se decide a hacer algún cambio posterior con respecto a la solución óptima, tiene en los shadow price , las indicaciones pertinentes , con respecto a la cantidad en que va a disminuir su utilidad máxima, al cambiar la solución óptima por otra.

## NOTA

En el esquema que muestra el flujo de los componentes se ha incluido las respuestas las distintas variables, estas distintas respuestas están dentro de los cuadritos. Así dentro del cuadrito de  $X_{19}$  se aprecia 23,030.24 que es la respuesta para  $X_{19}$ , y también se consignan las respuestas a las distintas sumas i las respuestas para la producción i especificaciones para la gasolina regular, extra fuel oil.

## CONCLUSIONES GENERALES

Como conclusión podemos decir que hacer un problema de Programación lineal en una refinería es un problema sumamente complejo. El modelo desarrollado en este trabajo no se puede considerar como un patrón para la resolución de todos los problemas presentes en una refinería sino simplemente es la solución a un problema particular

En cualquier otra refinería seguramente la cantidad de restricciones sería mayor ya que en la refinería en mención sólo se aprecian 3 estaciones a saber: de cracking, reforming i Visbreaking.

Existen otras refinerías que fuera de estas restricciones tienen otros procesos tales como el de Lube Oil

También es claro destacar que la Programación Lineal encuentra la solución óptima al problema de la refinería y que ella impone el concepto de que es imposible obtener una mejor solución, pero no olvidemos que esa solución óptima, es solución a las restricciones planteadas i que si puede existir una mejor solución aun, si es que es posible alterar algunas condiciones planteadas por las restricciones originales.

Como consecuencia de esto es claro que puede acudir otro programador a la refinería i encontrar una solución mejor aun, si le fuera factible incorporar restricciones i variables mas importantes; de todas maneras cabe destacar que se han tomado las mejores previsiones del caso para hacer que se consideren restricciones bien importantes.

Otra cuestión.- En una refinería fácilmente las restricciones pueden

pueden llegar a un N° superior a 150, ahora imaginando una cuestión muy simple de suponer como es que cada restricción ~~aparte~~ ~~de~~ ~~las~~ variables llegaríamos a la conclusión de que tendríamos un problema que involucra 150 restricciones con 450 variables; entonces se pueden apreciar que no es cosa a como jugar a los dados hacer Programación lineal en una refinería.

Como ilustración indicaré algunas otras posibles restricciones - que se acostumbra tomar en cuenta cuando se hace Programación lineal en una refinería.

1° Restricciones en cuanto a disponibilidades de diferentes crudos (hay veces puede acontecer que una refinería tenga varias clases de crudos con diferentes disponibilidades.

2° Si es que existe el procesado de Lube Oil cabe considerar la restricción de la capacidad del Procesado.

3° Como consecuencia del anterior acápite cabría destacar que Otra restricción sería la de producción diaria de Lube Oil Ej: de que la cantidad de Lube Oil producido debe ser mayor o igual que cierta cantidad.

4° Otras restricciones de octanaje puede ocurrir que la refinería no solo fabrique gasolina regular y extra sino también gasolina de aviación etc.

5° También una restricción conocida es que la cantidad de gasolina extra sera una fracción de la cantidad de gasolina regular producida

6° Otras restricciones puede ser que la presión de vapor de determinado producto no debe exceder de cierto valor.

7° Por último puede acontecer que los distintos flujos que salen de la columna de destilación tengan detinos muy diversos.

Un buen programador debería de tener muy en cuenta estos distintos detinos y formular las consiguientes restricciones.

8° Diferentes restricciones de mercado

Sería largo enumerar las diferentes restricciones, de todas maneras podemos concluir que saldrán diferentes restricciones según el enfoque que haga el programador.

Ahora otra cuestión. El N° de restricciones es prácticamente ilimitado. Ahora en realidad siempre la Programación lineal puede encontrar una solución mejor aun, mejorando las restricciones. Pero también hay que destacar que el programador en un momento dado puede despreciar ciertas restricciones y plantear el problema con las que tenga.

Debemos informar que la misma Programación lineal si bien encuentra una solución óptima a un conjunto de restricciones, la solución en si ya no sería óptima si se persistiera en aumentar el tamaño de la matriz, debido a una posible complejidad innecesaria del modelo.

Una solución óptima es lógico que debe estar acompañada de un N° óptimo de restricciones, por eso es que el N° de restricciones hay que saber limitarlo.

Se han hecho numerosos trabajos de Programación lineal en refinería, algunos de estos trabajos pasaremos a enumerar.

1° El trabajo de A. Manne publicado por Corporación Rand titulado:

"Un modelo de Programación lineal de una refinería de petróleo..

2° Otro trabajo de Manno titulado Scheduling de las operaciones practicadas en una refinería.

3° El trabajo G. H. Symonds titulado " La solución refinación por Programación lineal

Y así como estos trabajos se han hecho otros numerosos en distintas refinerías que han traído consigo enorme mejora en las utilidades percibidas por las distintas empresas como también enormes ahorros.

Cada uno de estos trabajos se puede utilizar como una guía patrón cuando llegue el preciso instante de hacer Programación lineal en una refinería pero vuelvo a recalcar que el problema que se tenga que resolver si bien es cierto que es factible que tenga mucha similitud con cada uno de los distintos trabajos ya realizados, también es claro decir que habrá muchas cosas nuevas y que traerán consigo nuevas diferentes restricciones que el buen ojo del programador impondrá a su problema.

Hacer Programación lineal en una refinería por otra parte involucra conocer perfectamente las operaciones practicadas en la refinería o sino tener una persona que lo informe detalladamente de la estructura de la refinería.

Así pues termino este trabajo que espero sirva como guía para la persona que necesite de ella. Aprovecho estas últimas líneas para referirme al Ing. Eduardo Toledo al cual admiro y aprecio francamente como amigo y como catedrático S/

BIBLIOGRAFIA.

- Programación Lineal.- Saul. Gass
- Linear Programming Hadley
- Industria Petrolera Charnes,
- Blending Aviation Gasolines Robert Mellon
- Use of Linear Programming in Selective Blending Studies Davie
- Scheduling of Petroleum Refinery Operations
- Programación Lineal i Análisis económico ..Dorfman, Samuelson i Solow
- The solution of Refinery Problems.. Esso Standard Oil