



Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Química

MODELO MATEMATICO PARA LA  
SIMULACION DE TORRES DE  
ETAPAS DE EQUILIBRIO.

223

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO QUIMICO

p r e s e n t a :

OSCAR ROLANDO MARTIARENA ALAMO

1 9 7 5



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AE Tesis  
ABO 1975  
SCHA 1975  
ROC H.T. 212



JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE SEGUN EL TEMA

PRESIDENTE	PROF. RUDI P. STIVALET C.
VOCAL	PROF. JORGE LUDLOW L.
SECRETARIO	PROF. ANTONIO FRIAS M.
1er. SUPLENTE	PROF. CLAUDIO AGUILAR M.
2o. SUPLENTE	PROF. ARTURO LOPEZ T.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE:

OSCAR ROLANDO MARTIARENA ALAMO

---

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA:

ING. ANTONIO FRIAS MENDOZA

---



AL INMENSO RECUERDO DE MI PADRE, CON SU INTELIGENCIA,  
CON SU FIRMEZA, CON SU HONESTIDAD, CON SU CARIÑO,  
CON SUS ENSEÑANZAS, CON SU GRAN VALOR HUMANO, Y  
SOBRE TODO, CON SU CONTINUA PRESENCIA.

A MI MADRE, CON SU NECESIDAD DE VIDA, CON SU SIEMPRE  
RENACER, CON SU SABER VIVIR, CON SU APOYO, CON SU SONRI  
SA, CON SU SABER MANTENERSE, CON SU AMOR, Y POR SER  
UNA MAGNIFICA MUJER.

A MANUEL, CON SU FUERZA, CON SU TRABAJO, CON SUS  
OJOS TRISTES, CON SUS NERVIOS, CON SU SENTIDO DE LA  
RESPONSABILIDAD, CON SU CONFIANZA.

A RAFAEL, CON SU VIDA LLENA DE PASION, CON SU CONTINUA  
LUCHA CONTRA LA MAREA, CON SU QUERER SALIR ADELANTE,  
CON SU HIJO, CON SU ESPERANZA.

EN FIN, A TODOS AQUELLOS QUE HAN ESTADO CERCA DE MI  
Y QUE JUNTOS HEMOS HECHO NUESTRAS VIDAS.

A LOS QUE CREEN, TRABAJAN Y LUCHAN  
POR ROMPER LA ABRUMADORA DEPENDENCIA  
CIENTIFICA, TECNOLOGICA Y HUMANISTICA  
EN NUESTRO PAIS.

MI PROFUNDO AGRADECIMIENTO A LOS  
INTEGRANTES DEL DEPARTAMENTO DE  
DESARROLLO DE INGENIERÍA BÁSICA  
DEL INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO,  
CUYA MAGNÍFICA DIRECCIÓN ESTÁ A CARGO  
DEL ING. JULIAN CASTELLANOS.

## INDICE

INTRODUCCION	1
CAPITULO I. ANTECEDENTES	3
I.I VARIABLES DEL SISTEMA	3
I.II METODOS DE CONVERGENCIA	5
I.III ESTRETEGIA GENERAL	5
I.IV ANTÉCEDENTES DEL METODO PRESENTE	7
CAPITULO II. DESARROLLO DEL MODELO MATEMATICO	9
II.I ECUACIONES FUNDAMENTALES	9
II.II RESOLUCION DE LAS ECUACIONES	13
II.III DESARROLLO DE LAS MATRICES DE DERIVADAS PARCIALES	17
II.IV CALCULO DE LAS COMPOSICIONES	20
CAPITULO III. APLICACION DEL MODELO MATEMATICO	24
III.I DIAGRAMA DE BLOQUES	24
III.II DESGLOSE DEL DIAGRAMA DE BLOQUES	26

CAPITULO IV.	ANALISIS DE RESULTADOS	32
IV.I	TORRE DESPROPANIZADORA	32
IV.II	TORRE DESETANIZADORA	38
IV.III	TORRE REPASADORA	46
IV.IV	TORRE DESSUTANIZADORA	52
CAPITULO V.	CONCLUSIONES	59
NOMENCLATURA		61
BIBLIOGRAFIA		63

## INTRODUCCION

El advenimiento de las computadoras ha hecho posible, en la actualidad, llevar a cabo cálculos prolongados y complicados con rapidez y cierta facilidad. La presencia de la computadora en la Ingeniería Química se ha hecho patente para operaciones asociadas con el diseño de procesos de separación. Antes, los cálculos para, por ejemplo, diseñar el proceso de una torre de etapas de equilibrio donde se pretendieran separar multicomponentes, se hacían por métodos que su fundamento general era el de resolver etapa por etapa que, además de usar gran número de horas hombre, recurrían a serias simplificaciones. La solución obtenida era muy particular y sólo aproximada, obligando a hacer un estudio posterior cuando la torre ya estaba construida.

Actualmente ha sido posible desarrollar métodos que, integrando todos los elementos en una sola secuencia, hacen la simulación - dinámica de toda la columna, planteando de manera general un modelo matemático que con diferentes acepciones, resuelva diferentes condiciones de operación. Uno de estos métodos es el que aquí se presenta.

En el capítulo I, se verán los elementos comunes a los métodos hasta ahora planteados.

Debido a que la destilación ha sido estudiada innumerables veces, se encuentran una serie de métodos que prometen cierta confiabili-

dad con respecto a algunos casos, pero fallan en otros. El presente trabajo pretende desarrollar una nueva técnica que permita obtener resultados confiables para la separación de mezclas multicomponentes. Es por lo anterior que tomando como base las generalidades de algunos métodos (4) y (6) , se ha desarrollado este, que pretendiendo ser general, ofrece ser más sencillo con respecto a algunos cálculos.

A través de la exposición del método, se verá el planteamiento del modelo matemático, su aplicación, método de convergencia con un algoritmo matemático que lo simplifica, se hará un análisis de resultados y en función de estos, las conclusiones.

## CAPITULO I

ANTECEDENTES

Los modelos matemáticos para la simulación de torres de etapas de equilibrio hasta la fecha establecidos, constan fundamentalmente de ecuaciones de balance (materia y energía) y ecuaciones de equilibrio que serán verificadas a través de toda la torre, usando para tal fin, diferentes métodos de convergencia.

Para poder introducirse en tales modelos matemáticos, se hará un breve estudio del tipo de variables que involucran y una simple explicación de los métodos de convergencia; además se explicará la estrategia general común a los diferentes métodos, que sienta las bases para desarrollar el aquí presente.

## I.1 VARIABLES DEL SISTEMA

La especificación de un número pequeño de variables, tales como las condiciones de operación, producen un conjunto de variables dependientes de estas que ya en la práctica no varían. El propósito de un cálculo riguroso como el que pretende obtenerse a partir de la simulación, es precisamente la predicción de estas variables. El número de variables no especificadas, pero fijas, es grande con respecto a las variables que regularmente si se especifican. En un problema de Ingeniería, tal como la simulación de torres de etapas de equilibrio, donde lo anterior se cumple, es necesario suponer valores de estas



variables no especificadas , con el fin de inicializar los cálculos , los cuales llevan a cabo la predicción final de estas mismas variables. Los valores calculados son comparados con los valores supuestos, rutina que se continua hasta la convergencia.

El número total de variables en los procesos de destilación puede dividirse en tres grupos:

- a) Variables especificadas. Estas variables no cambian durante todo el cálculo. Por ejemplo serían: presión de operación, temperatura de las alimentaciones, valores de los flujos de éstas , número de componentes, número de platos, etc. En el Capítulo III se plantean las variables especificadas necesarias para que el modelo aquí presentado trabaje.
- b) Variables Supuestas por cada Iteración. Estas variables son supuestas en principio y en cada iteración pueden cambiar. Son fundamentalmente los valores de los perfiles de flujo y temperatura. También como en el caso anterior, en el Capítulo III se hará una descripción de como esto se lleva a cabo.
- c) Todas las variables en cada Iteración. Estas variables son básicamente las que no forman parte de los dos primeros grupos. Ejemplo de éstas podrían ser, las propiedades termodinámicas de las corrientes, tales como las capacidades caloríficas, las entalpias, etc.

Habiendo especificado las variables del primer grupo y habiendo supuesto valores iniciales, se efectúan cálculos de prueba-error para obtener los valores de las variables que cumplen con la columna de separación planteada.

## I.II METODOS DE CONVERGENCIA

Una solución de prueba –error de una ecuación implícita que envuelve una sola variable consiste en la suposición de valores de la variable desconocida hasta que se ha encontrado aquel que satisface la ecuación.

Una ecuación que involucra una sola variable  $x$  puede escribirse como

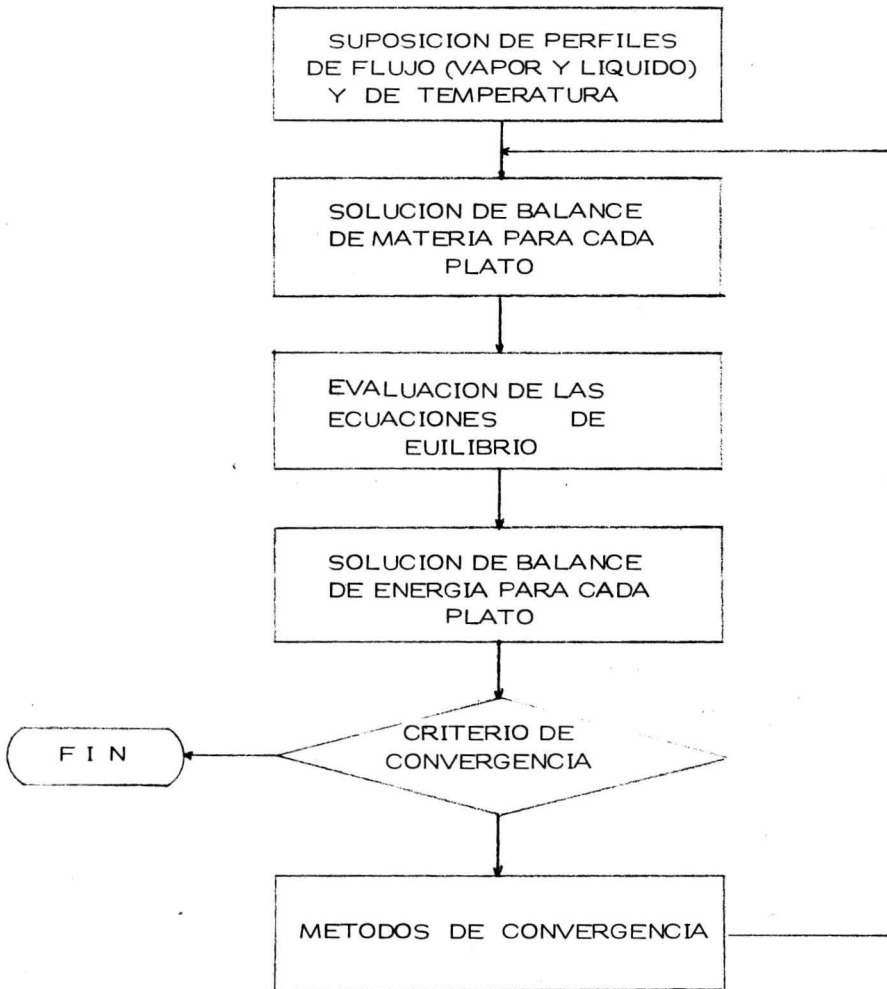
$$f(x) = 0,$$

donde  $f(x)$  es la función resultante de colocar todos los términos del lado izquierdo de la ecuación . En una solución iterativa, o de prueba–error valores sucesivos de  $x$  son supuestos de acuerdo a un plan sistemático hasta encontrar un valor de la variable que satisfaga la condición de  $f(x) = 0$ .

Estos planes sistemáticos son los métodos de convergencia. King (3) en su libro , hace una breve descripción de las características deseables en los métodos de convergencia y revisa los fundamentos de algunos de ellos. Durante el Capítulo II, se analiza el método de convergencia que usa el presente modelo que sigue los lineamientos generales del de Newton–Raphson.

## I.III ESTRATEGIA GENERAL

La estrategia general seguida por los diferentes métodos, se explica a continuación en base a un diagrama de bloques.



Es claro que, por ejemplo para el primer bloque se necesitan especificaciones, es decir, lo que representan las variables del primer grupo anteriormente tratadas. Teniendo los perfiles de flujo es posible evaluar los balances de materia en cada plato. Prosiguiendo con la secuencia y en base a las temperaturas, se evalúan, por medio de una subrutina especial para el cálculo de propiedades termodinámicas, las constantes de equilibrio que ayudarán a obtener las composiciones: aquí ya se pueden evaluar las entalpías de cada corriente que al multiplicarse por los flujos, complementarán los balances de energía.

Debido a que ya se cuenta con los balances de materia y energía y con las ecuaciones de equilibrio, es posible aplicarles el criterio de convergencia escogido para cada caso. En caso de no chequear, se procederá a efectuar la secuencia de convergencia con el fin de obtener nuevos valores de las variables que nos permitirán un nuevo cálculo.

#### I.IV ANTECEDENTES DEL METODO PRESENTE

Este método se ha llevado a cabo en el Departamento de Ingeniería Básica de la División de Procesos del Instituto Mexicano del Petróleo con el fin de obtener un modelo el cual ofreciera: aplicabilidad a cualquier tipo de operación, convergencia segura y rapidez en esta. Se contaba ya con un método que simulaba torres de etapas de equilibrio, fundamentado en el de la Matriz Tridiagonal propuesto por Wang(6), pero que en algunos casos no alcanzaba la convergencia, o bien, ocupaba mucho tiempo de máquina.

Inicialmente se pensó en desarrollar el modelo presentado por --

Naphtali (4), que en principio reportaba buenos resultados. Se empezó a estudiar , pero se presentaron serios problemas referidos principalmente a su programación y al número de memorias de máquina usadas. Se continuaron una serie de tentativas para simplificarlo, que por producto final dieron el modelo presente, que parte de algunas premisas del método de Wang, usa el algoritmo de convergencia propuesto por Naphtali y que además tiene características propias.

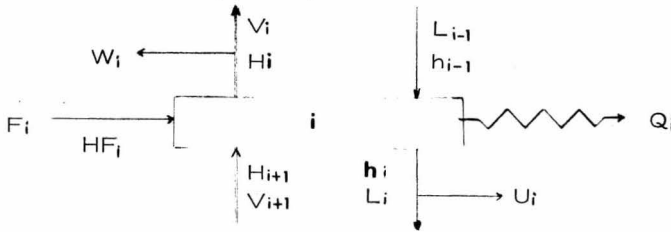
Al final y con los resultados obtenidos , se harán comparaciones con el método de Matriz Tridiagonal(6) , que es con el que se cuenta, analizando así los logros alcanzados y las posibilidades existentes de mejorar el método.

## CAPITULO II

DESARROLLO DEL MODELO MATEMATICO

## II.I ECUACIONES FUNDAMENTALES

Considerando una etapa de equilibrio de la forma



Examinemos tres tipos de funciones que describen los procesos físicos en el plato  $i$ .

Balance de Materia

$$M_i = L_{i-1} - (V_i + W_i) - (L_i + U_i) + V_{i+1} + F_i = 0$$

Balance de Energía

$$E_i = L_{i-1}h_{i-1} - (V_i + W_i)H_i - (L_i + U_i)h_i + V_{i+1}H_{i+1} + F_iHF_i - Q_i = 0$$

Ecuación de Equilibrio

$$EQ_i = \sum_{j=1}^c (y_{ij} - K_{ij} x_{ij}) = 0$$

donde  $c$  es el número de componentes,  $y_{ij}$  y  $x_{ij}$  son las composiciones del componente  $j$  en el plato  $i$  para vapor y líquido respectivamente.

Estas funciones son aplicables a todos los platos del interior de la columna. Son también aplicables a un condensador parcial o a un rehervidor. Para el caso de columnas de absorción o de agotamiento donde las

cargas térmicas son cero, el condensador es un plato ordinario.

Existen 3 ecuaciones y variables en cada plato, para un total de  $3n$  ecuaciones y variables para toda una columna, donde  $n$  es el número de platos.

Una alternativa de solución es resolver todas las ecuaciones simultáneamente, para lo cual se propone hacerlo por el método de Newton-Raphson, agrupando las ecuaciones por plato.

Sea

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} \quad F = \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \\ \vdots \\ F_n \end{pmatrix}$$

donde  $X$  es el vector de variables y  $F$  es el vector de funciones en el plato  $i$ .

$$X_i = \begin{pmatrix} x_{i1} \\ x_{i2} \\ x_{i3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} L_i \\ V_i \\ T_i \end{pmatrix} \quad F_i = \begin{pmatrix} f_{i1} \\ f_{i2} \\ f_{i3} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_i \\ E_i \\ EQ_i \end{pmatrix}$$

El método de Newton-Raphson, con los elementos precedentes, toma la forma

$$\Delta X_{m+1} = - \left( \frac{dF}{dX} \right) F_m$$

o bien

$$\left( \frac{d F}{d X} \right) \Delta X_{m+1} = -F_m$$

además que

$$X_{m+1} = X_m + \Delta X_{m+1}$$

donde  $\Delta X_{m+1}$  es la corrección calculada, la cual se agrega a  $X_m$  para obtener los nuevos valores de las variables  $X_{m+1}$ . Si las funciones fueran lineales esta corrección haría cero el valor de cada una de las funciones; como no lo son  $\Delta X_{m+1}$  es solo una aproximación a tal corrección; es por esto la necesidad de usar un método iterativo para llegar a la convergencia.

$\frac{d F}{d X}$  es la matriz de derivadas parciales de todas las funciones con respecto a todas las variables.

$$\frac{d F}{d X} = \begin{pmatrix} \frac{d F_1}{d X_1} & \frac{d F_1}{d X_2} & \dots & \frac{d F_1}{d X_n} \\ \frac{d F_2}{d X_1} & \frac{d F_2}{d X_2} & \dots & \frac{d F_2}{d X_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{d F_n}{d X_1} & \frac{d F_n}{d X_2} & \dots & \frac{d F_n}{d X_n} \end{pmatrix}$$

donde

$$\frac{d F_i}{d X_j} = \begin{pmatrix} \frac{d f_{i1}}{d x_{j1}} & \frac{d f_{i1}}{d x_{j2}} & \frac{d f_{i1}}{d x_{j3}} \\ \frac{d f_{i2}}{d x_{j1}} & \frac{d f_{i2}}{d x_{j2}} & \frac{d f_{i2}}{d x_{j3}} \\ \frac{d f_{i3}}{d x_{j1}} & \frac{d f_{i3}}{d x_{j2}} & \frac{d f_{i3}}{d x_{j3}} \end{pmatrix}$$



lo anterior para  $j = 1, n$

Las funciones para el plato  $i$  involucran sólo las variables en los platos  $i-1, i, e i+1$ ; por lo tanto, las derivadas parciales de las funciones en este plato, con respecto a las variables en todos aquellos platos que no sean estos tres, son cero. De aquí  $\frac{dF}{dX}$  toma la forma tridiagonal de bloques. Explícitamente tenemos

$$\frac{dF}{dX} = \begin{array}{cccccccc} B_1 & C_1 & 0 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ A_2 & B_2 & C_2 & 0 & \cdots & \cdots & \cdots & 0 \\ 0 & A_3 & B_3 & C_3 & 0 & \cdots & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & A_{n-3} & B_{n-3} & C_{n-3} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_{n-2} & B_{n-2} & C_{n-2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_{n-1} & B_{n-1} & C_{n-1} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & A_n & B_n \end{array}$$

donde

$$A_i = \left( \frac{dF_i}{dX_i} \right) \quad B_i = \left( \frac{dF_i}{dX_{i-1}} \right) \quad C_i = \left( \frac{dF_i}{dX_{i+1}} \right)$$

El desarrollo de estas matrices de derivadas parciales en cada uno de sus elementos, será llevado a cabo, dentro de este mismo capítulo, en otro apartado.

La solución por el método de Newton-Raphson como se ha planteado, implica la inversión de tal matriz tridiagonal. Para tal caso, se ha desarrollado en el Departamento de Ingeniería Básica del I M P, un método particular que permite encontrar el vector solución del Método de Newton-Raphson (2). Este algoritmo matemático para encontrar la solución de ecuaciones simultáneas cuyos coeficientes puedan agruparse tomando la forma de una matriz tridiagonal de bloques, será explicado a continuación.

## II.II RESOLUCIÓN DE LAS ECUACIONES

Desglosando de manera general la ecuación planteada del modelo de Newton-Raphson, se tiene que

$$\begin{array}{cccc|ccc|ccc}
 B_1 & C_1 & 0 & & & & Z_1 & & D_1 \\
 A_2 & B_2 & C_2 & 0 & & & Z_2 & & D_2 \\
 0 & A_3 & B_3 & C_3 & & & Z_3 & = & D_3 \\
 & & & & A_{n-1} & B_{n-1} & C_{n-1} & & Z_{n-1} & D_{n-1} \\
 & & & & 0 & A_n & B_n & & Z_n & D_n
 \end{array}$$

donde

$$\Delta X_{m+1} = \begin{pmatrix} Z_1 \\ Z_2 \\ Z_3 \\ \vdots \\ Z_{n-1} \\ Z_n \end{pmatrix} \quad y \quad F_m = \begin{pmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ \vdots \\ D_{n-1} \\ D_n \end{pmatrix}$$

Efectuando las operaciones indicadas

$$B_1 Z_1 + C_1 Z_2 = D_1 \quad (1)$$

$$A_2 Z_1 + B_2 Z_2 + C_2 Z_3 = D_2 \quad (2)$$

$$A_3 Z_2 + B_3 Z_3 + C_3 Z_4 = D_3 \quad (3)$$

$\vdots$

$$A_{n-1} Z_{n-2} + B_{n-1} Z_{n-1} + C_{n-1} Z_n = D_{n-1}$$

$$A_n Z_{n-1} + B_n Z_n = D_n$$

Multiplicando la ecuación (1) por  $A_2 B_1^{-1}$

$$A_2 B_1^{-1} B_1 Z_1 + A_2 B_1^{-1} C_1 Z_2 = A_2 B_1^{-1} D_1$$

Si

$B_1^{-1} B_1 = I$ , es decir la matriz identidad, entonces se tiene que

$$A_2 I Z_1 + A_2 B_1^{-1} C_1 Z_2 = A_2 B_1^{-1} D_1$$

y ya que la multiplicación de cualquier matriz  $A$  multiplicada por  $I$ , es la misma matriz  $A$ ,

$$A_2 Z_1 + A_2 B_1^{-1} C_1 Z_2 = A_2 B_1^{-1} D_1 \quad (2')$$

Restando la ecuación (2') de la ecuación (2)

$$(B_2 - A_2 B_1^{-1} C_1) Z_2 + C_2 Z_3 = D_2 - A_2 B_1^{-1} D_1$$

Si

$$\mathcal{E}_2 = B_2 - A_2 B_1^{-1} C_1 \quad \text{y} \quad \mathcal{D}_2 = D_2 - A_2 B_1^{-1} D_1$$

y sustituyendo en la última ecuación, entonces

$$\mathcal{E}_2 Z_2 + C_2 Z_3 = \mathcal{D}_2 \quad (2'')$$

Multiplicando la ecuación (2'') por  $A_3 \mathcal{E}_2^{-1}$  y con las simplificaciones que origina la aparición de la matriz identidad I, se tiene

$$A_3 Z_2 + A_3 \mathcal{E}_2^{-1} C_2 Z_3 = A_3 \mathcal{E}_2^{-1} \mathcal{D}_2 \quad (3')$$

Restando la ecuación (3') de la ecuación (3)

$$(B_3 - A_3 \mathcal{E}_2^{-1} C_2) Z_3 + C_3 Z_4 = D_3 - A_3 \mathcal{E}_2^{-1} \mathcal{D}_2$$

Si

$$\mathcal{E}_3 = B_3 - A_3 \mathcal{E}_2^{-1} C_2 \quad \text{y} \quad \mathcal{D}_3 = D_3 - A_3 \mathcal{E}_2^{-1} \mathcal{D}_2$$

entonces

$$\mathcal{E}_3 Z_3 + C_3 Z_4 = \mathcal{D}_3 \quad (3''')$$

Generalizando para todas las matrices  $\mathcal{E}$  :

$$\mathcal{E}_1 = B_1$$

$$\mathcal{E}_2 = B_2 - A_2 \mathcal{E}_1^{-1} C_1$$

$$\mathcal{E}_3 = B_3 - A_3 \mathcal{E}_2^{-1} C_2$$

⋮

$$\mathcal{E}_n = B_n - A_n \mathcal{E}_{n-1}^{-1} C_{n-1}$$

y para los vectores  $\mathcal{A}$  :

$$\mathcal{A}_1 = D_1$$

$$\mathcal{A}_2 = D_2 - A_2 \mathcal{E}_1^{-1} \mathcal{A}_1$$

$$\mathcal{A}_3 = D_3 - A_3 \mathcal{E}_2^{-1} \mathcal{A}_2$$

⋮

$$\mathcal{A}_n = D_n - A_n \mathcal{E}_{n-1}^{-1} \mathcal{A}_{n-1}$$

Mediante las transformaciones anteriores, las ecuaciones (1), (2), (3), ..... , (n), se han cambiado por

$$\mathcal{E}_1 Z_1 + C_1 Z_2 = \mathcal{A}_1$$

$$\mathcal{E}_2 Z_2 + C_2 Z_3 = \mathcal{A}_2$$

$$\mathcal{E}_3 Z_3 + C_3 Z_4 = \mathcal{A}_3$$

⋮

$$\mathcal{E}_n Z_{n-1} + C_{n-1} Z_n = \mathcal{A}_{n-1}$$

$$\mathcal{E}_n Z_n = \mathcal{A}_n$$

De aquí, despejando los vectores  $Z$

$$Z_n = \mathcal{E}_n^{-1} \mathcal{A}_n$$

$$Z_n = \mathcal{E}_{n-1}^{-1} (\mathcal{A}_{n-1} - C_{n-1} Z_n)$$

$$Z_{n-2} = \mathcal{E}_{n-2}^{-1} (\mathcal{A}_{n-2} - C_{n-2} Z_{n-1})$$

⋮

$$Z_i = \mathcal{E}_i^{-1} (\mathcal{A}_i - C_i Z_{i+1})$$

⋮

$$Z_1 = \mathcal{E}_1^{-1} (\mathcal{A}_1 - C_1 Z_2)$$

Habiendo obtenido los vectores  $Z$  , se han encontrado los incrementos para cada una de las variables.

## II.III DESARROLLO DE LAS MATRICES DE DERIVADAS PARCIALES

Matriz  $A_i$

Es la matriz de derivadas parciales de las funciones en el plato  $i$  con respecto a las variables del plato  $i - 1$ .

$$\text{Balance de Materia} = M_i = f_{i1}$$

$$\frac{d M_i}{d L_{i-1}} = \frac{d f_{i1}}{d x_{i-11}} = 1$$

$$\frac{d M_i}{d V_{i-1}} = \frac{d f_{i1}}{d x_{i-12}} = 0$$

$$\frac{d M_i}{d T_{i-1}} = \frac{d f_{i1}}{d x_{i-13}} = 0$$

$$\text{Balance de Entalpia} = E_i = f_{i2}$$

$$\frac{d E_i}{d L_{i-1}} = \frac{d f_{i2}}{d x_{i-11}} = h_{i-1}$$

$$\frac{d E_i}{d V_{i-1}} = \frac{d f_{i2}}{d x_{i-12}} = 0$$

$$\frac{d E_i}{d T_{i-1}} = \frac{d f_{i2}}{d x_{i-13}} = L_{i-1} \frac{d h_{i-1}}{d T_{i-1}}$$

$$\text{Ecuación de Equilibrio} = EQ_i = f_i$$

$$\frac{d EQ_i}{d L_{i-1}} = \frac{d f_{i3}}{d x_{i-11}} = 0$$

$$\frac{d EQ_i}{d V_{i-1}} = \frac{d f_{i3}}{d x_{i-12}} = 0$$

$$\frac{d EQ_i}{d T_{i-1}} = \frac{d f_{i3}}{d x_{i-13}} = 0$$

quedando la matriz  $A_i$

$$A_i = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ h_{i-1} & 0 & L_{i-1} \frac{d h_{i-1}}{d T_{i-1}} \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Matriz  $B_i$

Es la matriz de derivadas parciales de las funciones del plato  $i$  con respecto a las variables en este mismo plato.

Balance de Materia

$$\frac{d M_i}{d L_i} = \frac{d f_{i1}}{d x_{i1}} = -1$$

$$\frac{d M_i}{d V_i} = \frac{d f_{i1}}{d x_{i2}} = -1$$

$$\frac{d M_i}{d T_i} = \frac{d f_{i1}}{d x_{i3}} = 0$$

Balance de Entalpia

$$\frac{d E_i}{d L_i} = \frac{d f_{i2}}{d x_{i1}} = -h_i$$

$$\frac{d E_i}{d V_i} = \frac{d f_{i2}}{d x_{i2}} = -H_i$$

$$\frac{d E_i}{d T_i} = \frac{d f_{i2}}{d x_{i3}} = -(L_i + U) \frac{d h_i}{d T_i} - (V_i + W) \frac{d H_i}{d T_i}$$

Ecuación de Equilibrio

$$\frac{d EQ_i}{d L_i} = \frac{d f_{i3}}{d x_{i1}} = 0$$

$$\frac{d EQ_i}{d V_i} = \frac{d f_{i3}}{d x_{i2}} = 0$$

$$\frac{d}{d} \frac{EQ_i}{T_i} = \frac{d}{d} \frac{f_{i3}}{x_{i3}} = \sum_{j=1}^c \left( x_{f_{ij}} \frac{d}{d} \frac{K_{ij}}{T_i} \right)$$

De donde

$$B_i = \begin{pmatrix} -1 & -1 & 0 \\ -h_i & -H_i & -(L_i + U_i) \frac{d}{d} \frac{h_i}{T_i} - (V_i + W_i) \frac{d}{d} \frac{H_i}{T_i} \\ 0 & 0 & \sum_{j=1}^c \left( x_{f_{ij}} \frac{d}{d} \frac{K_{ij}}{T_i} \right) \end{pmatrix}$$

Matriz C

Es la matriz de derivadas parciales de las funciones en el plato  $i$  con respecto a las variables del plato  $i - 1$ .

Balance de Materia

$$\frac{d}{d} \frac{M_i}{L_{i+1}} = \frac{d}{d} \frac{f_{i1}}{x_{i+1,1}} = 0$$

$$\frac{d}{d} \frac{M_i}{V_{i+1}} = \frac{d}{d} \frac{f_{i2}}{x_{i+1,2}} = 1$$

$$\frac{d}{d} \frac{M_i}{T_{i+1}} = \frac{d}{d} \frac{f_{i3}}{x_{i+1,3}} = 0$$

Balance de Energía

$$\frac{d}{d} \frac{E_i}{L_{i+1}} = \frac{d}{d} \frac{f_{i2}}{x_{i+1,1}} = 0$$

$$\frac{d}{d} \frac{E_i}{V_{i+1}} = \frac{d}{d} \frac{f_{i2}}{x_{i+1,2}} = H_{i+1}$$

$$\frac{d}{d} \frac{E_i}{T_{i+1}} = \frac{d}{d} \frac{f_{i2}}{x_{i+1,3}} = V_{i+1} \frac{d}{d} \frac{H_{i+1}}{T_{i+1}}$$



Ecuación de Equilibrio

$$\frac{d}{d} \frac{EQ_i}{L_{i+1}} = \frac{d}{d} \frac{f_{i3}}{x_{i+1} 1} = 0$$

$$\frac{d}{d} \frac{EQ_i}{V_{i+1}} = \frac{d}{d} \frac{f_{i3}}{x_{i+1} 2} = 0$$

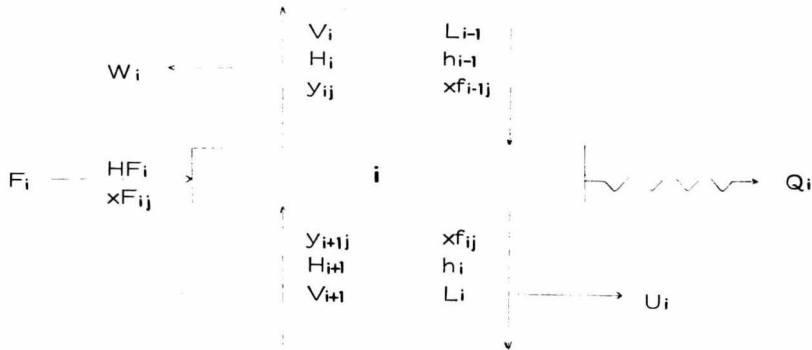
$$\frac{d}{d} \frac{EQ_i}{T_{i+1}} = \frac{d}{d} \frac{f_{i3}}{x_{i+1} 3} = 0$$

ya la matriz C toma la forma

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & H_{i+1} & V_{i+1} \frac{d}{d} \frac{H_{i+1}}{T_{i+1}} \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

## II.IV CALCULO DE COMPOSICIONES

Hasta aquí se ha visto como obtener los perfiles de flujos ( de vapor y de líquido) y de temperatura . Para tener un conocimiento de lo que sucede en el interior de una torre de etapas de equilibrio, es claro que se deben conocer las composiciones de los flujos a través de esta. El algoritmo usado para obtener las composiciones dentro de la torre está basado fundamentalmente en el de Matriz Tri-diagonal (6). Para desarrollarlo, se planteará un nuevo diagrama de la etapa de equilibrio donde se especifiquen las corrientes tomando en cuenta ahora sus composiciones:



Ahora , la ecuación de Balance de Materia se hace para cada compo\_ nente

$$M_{ij} = L_{i-1} x f_{i-1j} - (V_i + W_i) y_{ij} - (L_i + U_i) x f_{ij} + V_{i+1} y_{i+1j} + F_i x F_i = 0$$

La ecuación de Balance de Energía no sufre alteraciones

$$E_i = L_{i-1} h_{i-1} - (V_i + W_i) H_i - (L_i + U_i) h_i + V_{i+1} H_{i+1} + F_i H F_i - Q_i = 0$$

La Ecuación de Equilibrio se efectúa para un solo componente

$$EQ_i = y_{ij} - K_{ij} x f_{ij} = 0$$

Las ecuaciones de Balance de Materia y las ecuaciones de equili-  
brio pueden ser combinadas y posteriormente agrupadas para tomar  
la forma tridiagonal

$$B_1 x f_{1j} + C_1 x f_{2j} = D_1$$

$$A_i x f_{i-1j} + B_i x f_{ij} + C_i x f_{i+1j} = D_i \quad 2 \leq i \leq n-1$$

$$A_n x f_{n-1j} + B_n x f_{nj} = D_n$$

o en forma matricial

$B_1$	$C_1$		$x_{f1j}$	$D_1$
$A_2$	$B_2$	$C_2$	$x_{f2j}$	$D_2$
	$A_i$	$B_i$	$C_i$	$x_{fij} = D_i$
		$A_{n-1}$	$B_{n-1}$	$C_{n-1}$
		$A_n$	$B_n$	$C_n$
			$x_{fn-1j}$	$D_{n-1}$
			$x_{fnj}$	$D_n$

Donde para el primer plato

$$B_1 = - \left[ (L_1 + U_1) + (V_1 + W_1) K_{1j} \right]$$

$$C_1 = V_2 K_{2j}$$

$$D_1 = -F_1 x_{F1j} \quad ;$$

para los platos intermedios

$$A_i = L_{i-1}$$

$$B_i = - \left[ (L_i + U_i) + (V_i + W_i) K_{ij} \right]$$

$$C_i = V_{i+1} K_{i+1j}$$

$$D_i = -F_i x_{Fij} \quad \text{y para el último plato}$$

$$A_n = L_{n-1}$$

$$B_n = - \left[ (L_n + (V_n + W_n) K_{nj} \right]$$

$$D = - F_n x_{Fnj}$$

A partir de la matriz planteada un algoritmo de solución propuesto por Wang (6), y basado en el método de eliminación de Gauss es el usado. En este algoritmo, dos variables auxiliares,  $p_i$  y  $q_i$ , son calculadas:

para el primer plato

$$p_1 = C_1 / B_1$$

$$q_1 = D_1 / B_1$$

y del segundo plato en adelante

$$p_i = C_i / (B_i - A_i p_{i-1})$$

$$q_i = (D_i - A_i q_{i-1}) / (B_i - A_i p_{i-1})$$

De aquí

$$x_{f_{nj}} = q_n \quad , \text{ para el último plato y}$$

$$x_{f_{ij}} = q_i - p_i x_{f_{i+1j}} \quad , \text{ para todos los demás}$$

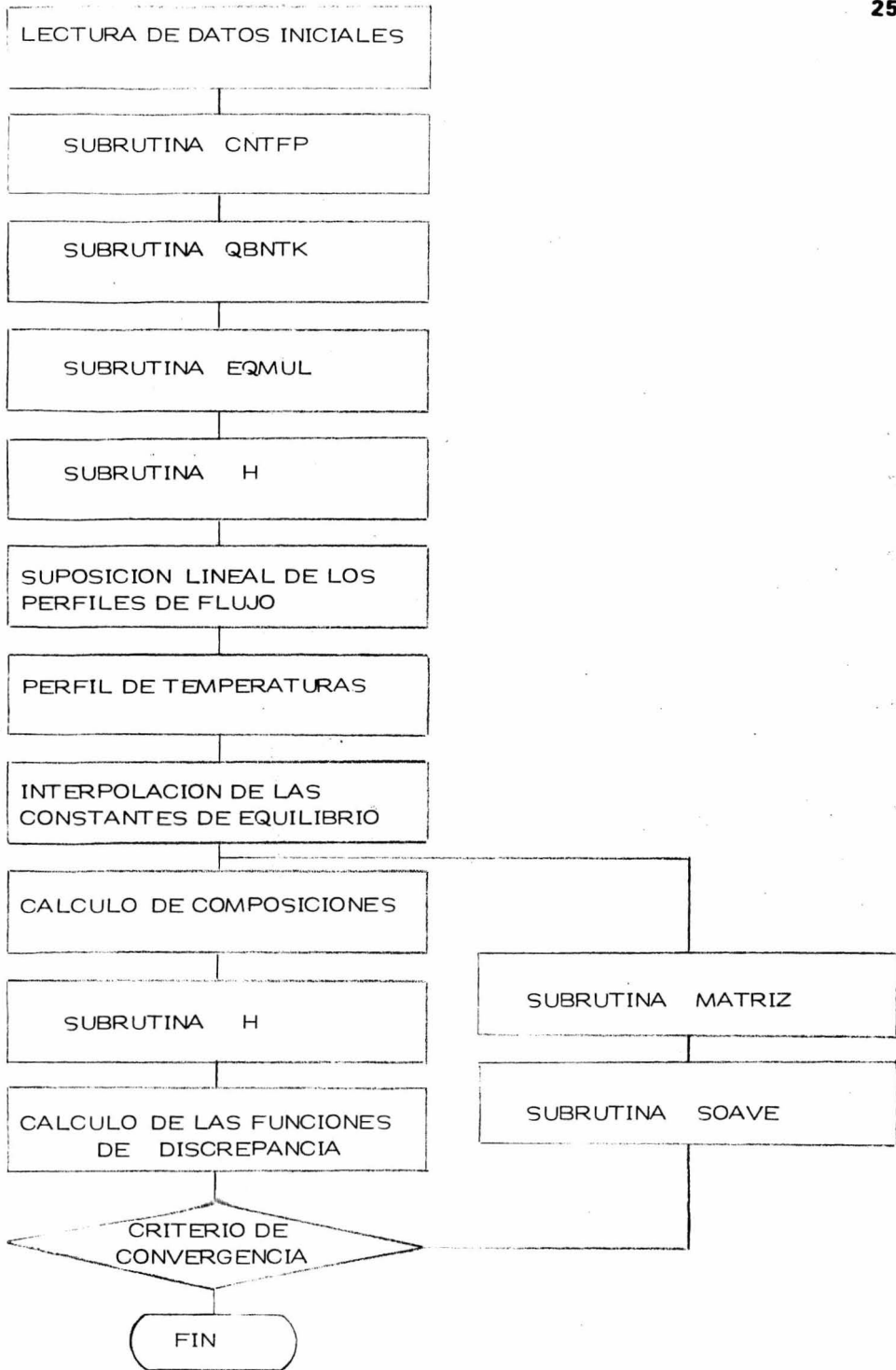
Nótese que toda la rutina de cálculo ha de hacerse para cada uno de los componentes  $j$ .

## CAPITULO III

### APLICACION DEL MODELO MATEMATICO

#### III.1 DIAGRAMA DE BLOQUES

Para la aplicación del modelo matemático, se ha elaborado un programa de computación cuyas características fundamentales han de tratarse en este capítulo. A continuación el diagrama de bloques de dicho programa.



### III.II DESGLOSE DEL DIAGRAMA DE BLOQUES

Con el fin de hacer más claro el diagrama precedente, a continuación se analizará cada bloque en particular.

Lectura de Datos Iniciales. Para el desarrollo del modelo es necesario contar con datos previos que permitan inicializar la simulación. Dichos datos son básicamente los siguientes: número de componentes, número de platos teóricos, número de alimentaciones y extracciones y especificando flujo, temperatura, fase, composición y plato donde se efectúa la operación; extracción o alimentación de calor y plato donde se efectúa la operación; destilado líquido y destilado vapor que se desean, fondos, temperatura de domos y de fondos, relación de recirculación, presión de trabajo y caída de presión por plato. Con estos datos es posible inicializar.

Subrutina CNTFP. Esta subrutina calcula constantes de equilibrio de los componentes de una mezcla. El valor de la constante de equilibrio depende de las condiciones de presión y de temperatura existentes, y de las composiciones tanto en la fase líquida como en la fase vapor.

Como en un principio no se conocen las composiciones, ya sea de domos o de fondos, es necesario contar con una suposición inicial de éstas.

La subrutina CNTFP lleva a cabo el cálculo de las constantes de equilibrio como suposición inicial a las temperaturas y presiones de domos y de fondos, utilizando para tal fin correlaciones empíricas propuestas por Canfield y por Hariu y Sage. Los datos necesarios para esta subrutina son las presiones y temperaturas de domos y fondos, ya que para estas zonas es llevado a cabo el cálculo.

Subrutina QBNTK. En caso de que alguna de las alimentaciones sea una mezcla líquido-vapor, esta subrutina interpola ( en base a las temperaturas de domos y de fondos, así como de sus constantes de equilibrio) a la temperatura del plato de operación, la constante de equilibrio que idealmente tiene tal alimentación. Su fundamento teórico es suponer un comportamiento teórico de las constantes de equilibrio. Naturalmente los datos necesarios para la interpolación son las constantes de equilibrio y las temperatura en domos y fondos y la temperatura del flujo de alimentación.

Subrutina EQMUL. Esta subrutina calcula el equilibrio en cada una de las alimentaciones que sean líquido-vapor; esto es, en base a las constantes de equilibrio de cada componente obtenidas por la subrutina anterior, calcula la vaporización y las composiciones del líquido y del vapor. Lo que esta subrutina pretende hacer, es encontrar la vaporización la cual satisfaga la temperatura de alimentación y las constantes de equilibrio provenientes de la subrutina QBNTK.

Subrutina H. La subrutina H calcula las entalpías de líquido y vapor de cada alimentación, en función de su temperatura, presión y composición. Esto, evidentemente, se hace para cada diferente tipo de alimentación, ya que éstas pueden llevar únicamente líquido, vapor, o bien una mezcla de ambos. El fundamento teórico de esta subrutina es calcular entalpías ideales y por medio de una ecuación de estado (en este caso la ecuación de Soave) calcula la desviación de la idealidad con relaciones termodinámicas; los valores obtenidos por esta subrutina son reales.



Suposición Lineal de los Perfiles de Flujo. En la evaluación de las composiciones, funciones de discrepancia, y para la solución del algoritmo matemático propuesto para resolver las ecuaciones, es necesario conocer los perfiles de flujo, tanto de líquido como del vapor. Un primer acercamiento es, en base a las alimentaciones y los productos de domos y fondos, hacer un balance de materia en el exterior de la torre. Con este balance se interpolan linealmente los flujos.

Perfil de Temperaturas. Así como los perfiles de flujo son necesarios, existe la necesidad de conocer, aunque en un principio sólo sea tentativamente, el perfil de temperaturas a través de la torre. Si se cuenta con un acercamiento, es decir, si se tiene una idea de cómo se va a comportar el perfil dentro de la torre, puede ser de gran ayuda a los fines de convergencia, ya que ésta puede verse acelerada. Esto es debido fundamentalmente a que las propiedades pueden evaluarse con mayor exactitud y así al hacer los balances (materia y energía) pueden verificarse en menor número de iteraciones. En tal caso el perfil se lee dentro del primer bloque del programa. Por otra parte si se inicia prácticamente de cero, el perfil de temperaturas es generado linealmente sin gran deterioro al sistema, aunque lógicamente, se necesitará de mayor número de iteraciones para llegar a la convergencia.

Interpolación de las Constantes de Equilibrio. Ya que se cuenta con un perfil determinado de temperaturas, se llama nuevamente a la subrutina QBNTK, que de la misma forma especificada anteriormente, interpola las constantes de equilibrio pero ahora a cada plato.

Cálculo de Composiciones. En el capítulo precedente se precisaron los diferentes modelos matemáticos de que consta este trabajo. En el último, Cálculo de Composiciones, se desarrolló la manera de llegar al valor de las diferentes fracciones de componente dentro de la torre. En particular, éste bloque, sólo consta de la programación para una máquina computadora de tal modelo, que, como anteriormente se dijo, desarrolló Wang (6). Se aprecia que la primera vez que se realiza el cálculo de composiciones dentro del diagrama planteado, se hace con perfiles de flujos supuestos y con perfil de temperaturas leído o bien generado, según el caso. También se aprecia que después de una serie de operaciones efectuadas puede volverse al cálculo de composiciones, pero ahora con valores arrojados por el método de convergencia. Es decir, que a partir de aquí, se inicia el método iterativo. Dentro de este bloque está considerado el hecho de que se hace una normalización de las composiciones, es decir, que su suma es 1.0 (exacto)

Subrutina H. Se hace un nuevo llamado a la subrutina H, que esta vez calculará las entalpías de los líquidos y vapores, pero ahora en cada uno de los platos.

Cálculo de Funciones de Discrepancia. Es claro que con los datos hasta aquí obtenidos es posible calcular los balances de materia y de energía, pues se cuenta con los valores de los flujos y de las entalpías. También puede efectuarse la evaluación de la ecuación de equilibrio ya que se cuenta con composiciones y constantes.

Criterio de Convergencia. Se pensó en fijar un criterio de convergen-

cia desde las primeras corridas del programa. No obstante resultó prematuro. Esto es, que si tal criterio era fijado como 0.0 (exacto) era pedirle demasiado al método. El camino a seguir fue, después de una serie de pruebas, fijar un criterio por el cual, el resultado de restar las entradas de las salidas, así como que la suma de las fracciones mol, tendieran a mantenerse constantes y cercano a cero para el caso de los balances y a 1.0 para la suma de las fracciones. También se pensó en limitar el número de iteraciones para el caso que la convergencia no se alcanzase, evitando así usar demasiado tiempo de máquina inutilmente. Sobre el hecho de que después de una serie de iteraciones no se llegue a la convergencia se hablará en el último capítulo.

Subrutina SOAVE . Esta su subrutina se encarga de llevar a cabo el cálculo de las derivadas parciales necesarias para el modelo matemático, posibles de obtener por medio de relaciones termodinámicas. Esta subrutina es el desarrollo de la ecuación de estado de Soave. Los datos necesarios para esta subrutina, son la presión, la temperatura y las composiciones de líquido y del vapor.

Subrutina MATRIZ. Esta subrutina es la programación de las ecuaciones planteadas en el capítulo precedente, referentes al modelo matemático en su solución. Basicamente lo que esta subrutina hace es organizar las matrices de derivadas parciales y llevar a cabo las operaciones necesarias que permitan obtener el vector de incrementos para las variables. Los datos necesarios para esta subrutina son los valores de los flujos, las entalpías, las derivadas parciales y los balances que no han alcanzado la convergencia.

NOTA ACLARATORIA ; Las subrutinas CNTFP, QBNTK, EQMUL, H y SOAVE, no fueron desarrolladas por el sustentante. Se hace mención de éstas debido a que son indispensables en la solución del modelo. Además, se hizo uso de ellas debido a su disponibilidad, ya que se recordará que el presente trabajo se desarrolló en el seno del Departamento de Ingeniería Básica de la División de Procesos del Instituto Mexicano del Petróleo.

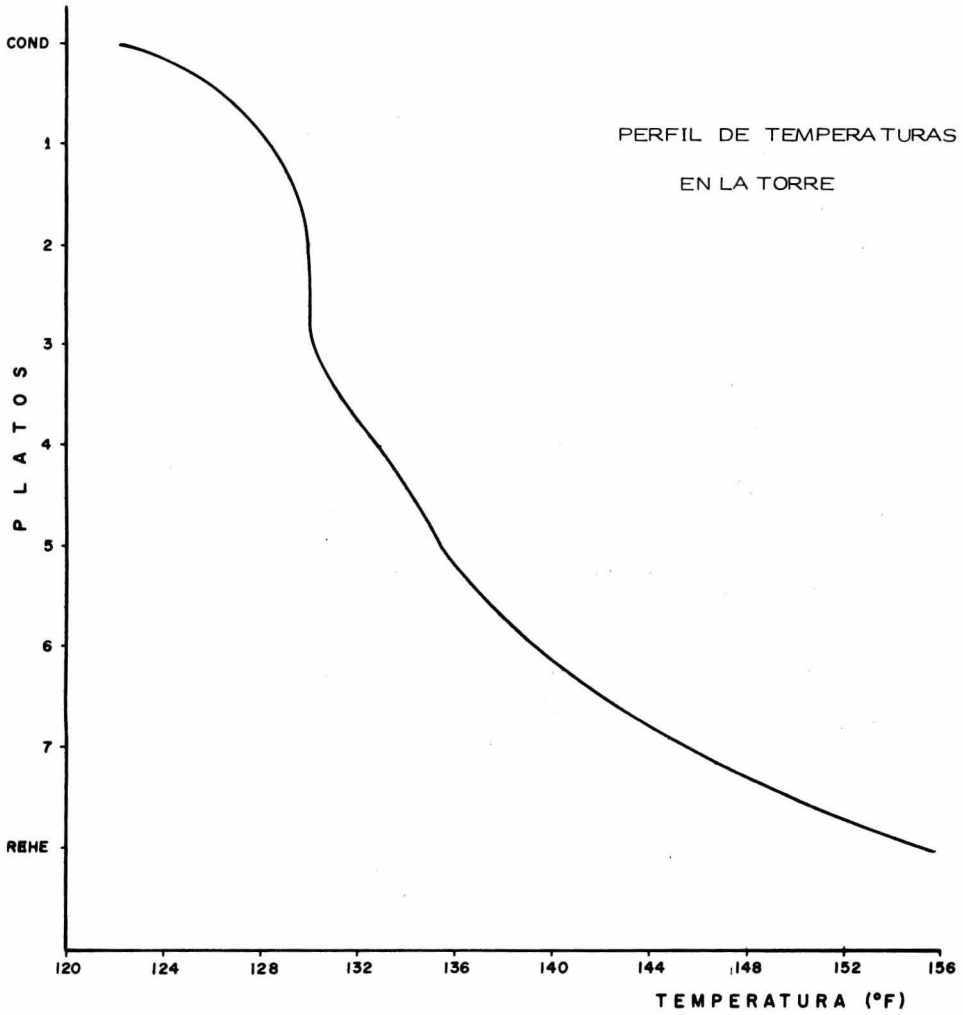
## CAPITULO IV

ANALISIS DE RESULTADOS

Habiendo elaborado el programa de computación necesario para la aplicación del modelo, se procedió a probarlo en diferentes torres de destilación. En el transcurso del presente capítulo se mostrarán los resultados obtenidos en cuatro de ellas. Estas mismas torres fueron corridas con el método de simulación - propuesto por Wang (6), con el cual ya se contaba. Como se puntualizó en el último inciso del Capítulo I, el análisis de resultados se hará comparando ambos métodos. Se anexa a continuación un esquema general de las torres de destilación, con el fin de analizar las tablas de resultados e identificar cada una de las corrientes.

## IV.I TORRE DESPROPANIZADORA

Esta torre, como se apreciará en la lista de resultados, es de 7 platos teóricos y nueve componentes. A través de las tablas mostradas se observarán los resultados en relación con los perfiles de temperatura y flujos, composiciones, así como las densidades y pesos moleculares de cada corriente. Se adjunta la gráfica de perfil de temperaturas. Inicialmente se pensó que existiría cierta diferencia entre el perfil de temperaturas reportado por el método de Wang y el perfil del método presente; pero no fue así. El



TORRE DESPROPANIZADORA

error fue mínimo, solo con desviaciones del orden de décimas de grado, no apreciable en la gráfica y podíamos extrapolar a que no fuesen muy significativos en la práctica. Los perfiles de flujo resultaron también muy parecidos. A través de las composiciones tampoco se apreciaron diferencias significativas. Donde la diferencia se hace marcada es en lo que respecta a tiempo efectivo de máquina:

Método de Wang      9.451 seg.

Método del I M P    4.655 seg.

Aunque esta torre puede catalogarse como sencilla, la disminución es significativa.

TORRE DESPROGANIZADORA. METODO DEL I M P

RESULTADOS DE LA TORRE FRACCIONADORA

NUMERO DE PLATOS TEORICOS= 7  
 PRESION DE OPERACION = 277.700 PSIA  
 CARGA TERMICA DEL CONDENSADOR = 392077.23 BTU/HR  
 CARGA TERMICA DEL REHEVEDOR = -413850.49 BTU/HR  
 FRACCION MOLAR VAPORIZADA EN EL REHEVEDOR = 1.0000  
 RELACION DE REFLUJO = 1.6329

ALIMENTACION LIQUIDA F 1 EN EL PLATO 3

	F 1	F
H2S	.000050	
CO2	.000320	
H2	.000370	
C1	.002160	
C2	.027350	
C3	.941660	
I-C4	.020150	
N-C4	.007980	
I-C5	.000020	
NO. MOLES	29.42	
TEMP. GF	103.00	
ENTALPIA	216.71	

	DESU	DESL	BRE	BOT
H2S	.000087	.000053	.000001	.000002
CO2	.000953	.000339	.000000	.000001
H2	.013285	.000392	.000000	.000000
C1	.014855	.002223	.000000	.000000
C2	.053314	.026940	.000102	.000255
C3	.903263	.959387	.637876	.763244
I-C4	.003747	.007439	.237973	.165149
N-C4	.000497	.001228	.123690	.071230
I-C5	.000000	.000000	.000358	.000119
NO. MOLES	.00	27.80	1.62	.00
TEMP. GF	122.30	122.30	155.91	146.15
ENTALPIA	6094.58	915.74	1603.64	1410.71

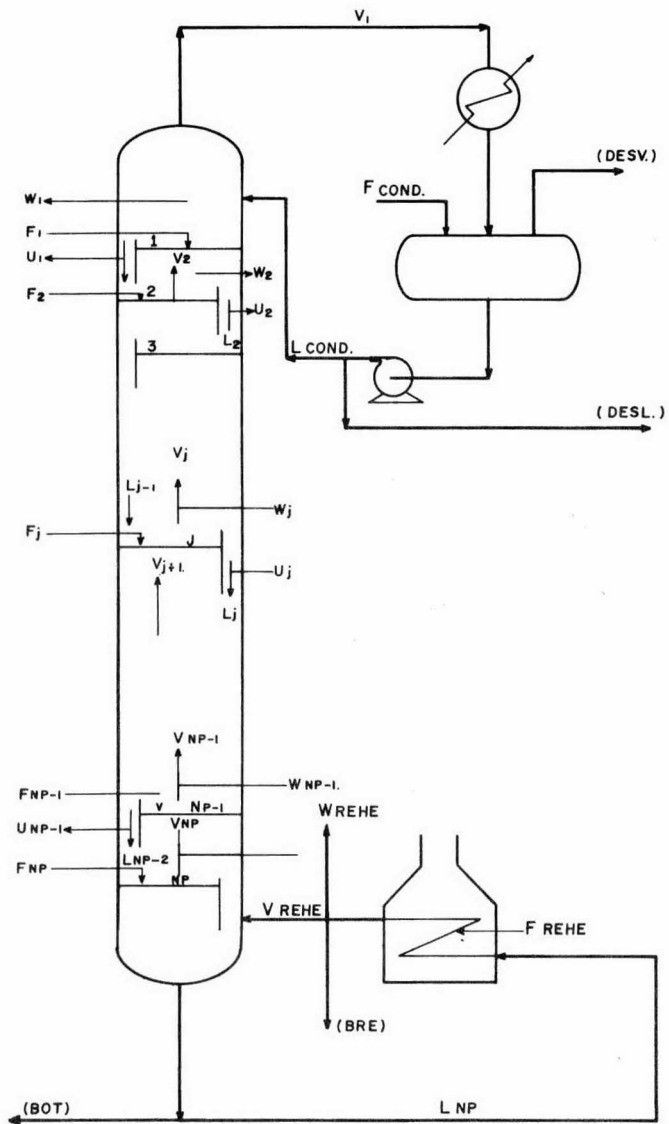
PLATO NO	TEMP. GF	L. LB-MOL/H	V. LB-MOL/H	GPM	CFS	DL. LB/FT3	OV. LB/FT3	PVL	PVV
COND	122.297	45.395	.000	10.015	.0000	24.7119	2.5569	43.7104	42.2444
1	128.573	46.362	73.195	10.458	.3324	24.3929	2.6787	44.1347	43.7303
2	130.088	46.325	74.162	10.506	.3370	24.3706	2.6684	44.2328	43.7831
3	131.013	80.331	74.125	18.280	.3373	24.3521	2.6921	44.5024	44.1059
4	133.000	79.970	78.711	18.350	.3549	24.3316	2.7049	44.7239	44.4861
5	135.530	79.090	78.350	18.296	.3539	24.4247	2.7128	45.3196	44.7339
6	139.586	77.929	77.470	18.221	.3576	24.5055	2.7223	46.1354	45.2300
7	146.153	75.649	76.009	18.167	.3551	24.6122	2.7350	47.4092	46.0706



REHE	155.906	1.620	74.029	.402	.3516	24.7021	2.7708	49.1753	47.3705
COMPOSICIONES									
	H2S	C02	H2	C1	C2	C3	I-C4	N-C4	I-C5
L COND	.000053	.000339	.000392	.002223	.028940	.959387	.007439	.001228	.000000
V COND	.000087	.000953	.013285	.014855	.063314	.903263	.003747	.000497	.000000
L 1	.000031	.000118	.000012	.000338	.012948	.969963	.013780	.002807	.000001
V 1	.000053	.000339	.000392	.002223	.028940	.959387	.007439	.001228	.000000
L 2	.000023	.000070	.000005	.000159	.008420	.965527	.020809	.004984	.000004
V 2	.000079	.000201	.000155	.001044	.018943	.965979	.011403	.002215	.000001
L 3	.000020	.000059	.000005	.000142	.007131	.956091	.028575	.007968	.000010
V 3	.000034	.000171	.000150	.000933	.016116	.963225	.015795	.003575	.000002
L 4	.000011	.000021	.000000	.000022	.003190	.941484	.042057	.012193	.000012
V 4	.000020	.000060	.000005	.000145	.007275	.962649	.024250	.005594	.000003
L 5	.000007	.000007	.000000	.000003	.001409	.909786	.067709	.021056	.000018
V 5	.000012	.000021	.000000	.000022	.003254	.947770	.039032	.009985	.000005
L 6	.000004	.000002	.000000	.000001	.000609	.853267	.107318	.038758	.000041
V 6	.000007	.000007	.000000	.000003	.001436	.915481	.064145	.018910	.000011
L 7	.000002	.000001	.000000	.000000	.000255	.763244	.165149	.071230	.000119
V 7	.000004	.000002	.000000	.000001	.000620	.857861	.104531	.036946	.000034
L REHE	.000001	.000000	.000000	.000000	.000102	.637876	.237973	.123690	.000358
V REHE	.000002	.000001	.000000	.000000	.000258	.765989	.163555	.070081	.000114

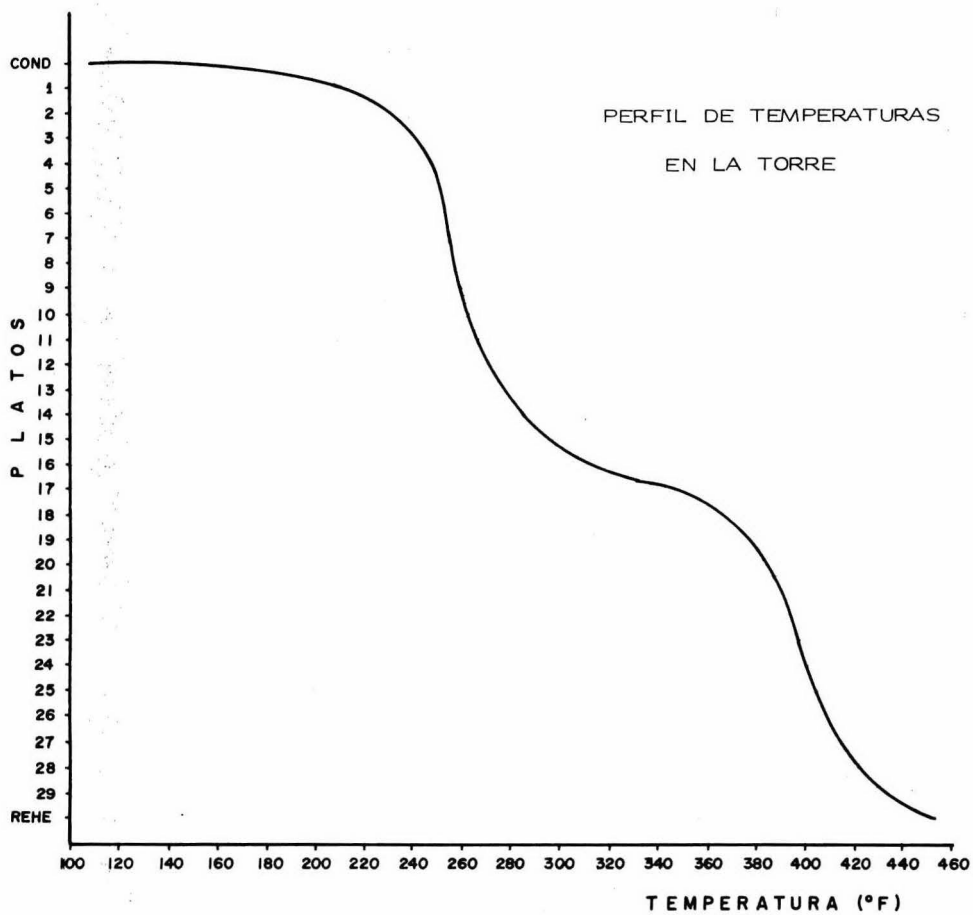
PLATO NO.	ENTALPIA LIQ. BTU/LB-MOL	ENTALPIA VAPOR BTU/LB-MOL	PSIA
COND	915.74	6994.58	277.700
1	1096.91	6272.38	277.700
2	1131.59	6315.80	277.700
3	1147.46	6340.10	277.700
4	1187.88	6394.67	277.700
5	1230.37	6460.42	277.700
6	1296.30	6563.93	277.700
7	1410.71	6734.17	277.700
REHE	1603.64	6996.88	277.700

MK = 6 MH = 6 MD = 6 NIT = 9 NIMN = 3  
 DATA IGNORED - IN CONTROL MODE



MODELO DE TORRE DE DESTILACION





TORRE FRACCIONADORA

TORRE DESETANIZADORA DE LA CANGREJERA. METODO DEL I M P

RESULTADOS DE LA TORRE FRACCIONADORA

NUMERO DE PLATOS TEORICOS= 29  
 PRESION DE OPERACION = 229.700 PSIA  
 CARGA TERMICA DEL CONDENSADOR = 51136506.00 BTU/HR  
 CARGA TERMICA DEL REHEVIDOR = -90105204.00 BTU/HR  
 FRACCION MOLAR VAPORIZADA EN EL REHEVIDOR = 1.0000  
 RELACION DE REFLUJO = 1.5000

ALIMENTACION LIO/VAP F 1 EN EL PLATO 16

	F 1	F
H2	.016770	
C1	.013070	
C2	.055630	
C3	.091340	
I-C4	.053940	
N-C4	.070790	
I-C5	.059720	
N-C5	.037810	
BENCENO	.094350	
M-CIC-C6	.005280	
N-C6	.025960	
TOLUENO	.195070	
N-C7	.003080	
N-C8	.007970	
M-XILENO	.127170	
E-BENCEN	.040640	
D-IMCIPEN	.001150	
C.TE. 141	.068160	
C.TE. 194	.011210	
C.TE. 327	.020890	
NO.MOLES	5598.59	
TEMP. GF	205.60	
ENTALPIA	-1174.42	

	DES	DES	BRE	BOT
H2	.203885	.002565	.000000	.000000
C1	.122348	.011597	.000000	.000000
C2	.279271	.106656	.000000	.000000
C3	.215833	.232708	.000000	.000000
I-C4	.068056	.151992	.000000	.000001
N-C4	.067056	.204127	.000002	.000007
I-C5	.027009	.178106	.000597	.001269
N-C5	.013494	.111417	.001554	.003115
BENCENO	.000003	.000058	.156708	.195469
M-CIC-C6	.000000	.000004	.008769	.011557
N-C6	.000003	.000060	.043093	.063166
TOLUENO	.000000	.000000	.324060	.299212

N-C7	.000000	.000000	.005117	.005637
N-C8	.000000	.000000	.013240	.011372
N-XILENO	.000000	.000000	.211231	.149511
E-BENCEN	.000000	.000000	.067513	.049183
DIMOCIPIEN	.000000	.000000	.001010	.002201
CTE. 141	.000042	.000709	.112847	.165952
CTE. 194	.000000	.000000	.018623	.021506
CTE. 327	.000000	.000000	.034704	.020343
NO. MOLES	425.34	1795.00	3372.75	.00
TEMP. GF	108.56	108.58	453.67	434.79
ENTALPIA	5434.20	-862.17	9344.96	9004.57

PLATO NO	TEMP. GF	L. LB-MOL/H	V. LB-MOL/H	GPM	CFS	DL. LB/FT3	DV. LB/FT3	PWL	DW
COND	108.561	3338.760	426.840	756.202	2.6568	30.4505	1.2450	55.3191	30.7607
1	208.093	4029.906	5564.600	1164.407	38.1083	27.1126	2.1640	62.4350	53.4497
2	233.149	4178.458	6255.746	1292.752	43.3792	26.4793	2.3434	65.7080	58.4043
3	243.594	4222.555	6404.298	1343.871	44.7134	26.2617	2.4060	67.0395	60.4734
4	248.755	4228.468	6446.395	1354.003	45.2137	26.1856	2.4317	67.7535	61.7403
5	251.726	4215.900	6454.308	1369.695	45.3983	26.1770	2.4427	68.2134	61.8540
6	253.816	4180.118	6441.740	1367.175	45.4411	26.2084	2.4471	68.5436	62.1430
7	255.375	4151.205	6415.958	1358.635	45.4045	26.2759	2.4479	69.0767	62.7651
8	257.703	4097.410	6377.046	1344.539	45.3096	26.3827	2.4466	69.4399	62.9723
9	260.163	4026.762	6323.290	1324.747	45.1603	26.5363	2.4435	70.0225	62.8245
10	263.325	3938.128	6252.602	1293.946	44.9578	26.7457	2.4387	70.7578	62.1255
11	267.314	3830.969	6153.978	1256.613	44.6994	27.0205	2.4322	71.6552	63.4056
12	272.229	3701.711	6056.809	1225.783	44.3966	27.3755	2.4234	72.7100	63.7376
13	278.231	3534.174	5927.551	1169.828	44.0081	27.8477	2.4103	73.3339	64.4223
14	285.470	3283.704	5760.014	1062.503	43.5063	28.5359	2.3879	75.4530	64.8205
15	297.227	2889.811	5579.544	941.325	42.7174	29.6337	2.3460	77.7216	65.7244
16	318.837	1806.710	5112.601	3361.657	41.3859	31.4121	2.2623	81.6982	65.8298
17	348.433	1181.049	6934.380	4085.759	56.0840	30.0426	2.5135	83.0476	75.4031
18	388.312	12182.497	8244.199	4383.722	66.1860	29.5745	2.7511	85.4824	79.1155
19	477.091	12524.070	8819.737	4601.452	71.0604	29.3750	2.1248	86.5659	81.0363
20	484.890	12759.183	9151.320	4735.712	74.0065	29.2299	2.4697	87.3541	83.0446
21	390.398	12877.345	9353.433	4824.213	75.9853	29.2589	2.4946	87.9361	84.4445
22	394.331	12957.041	9504.375	4879.158	77.3953	29.2803	2.9171	88.3683	85.4121
23	378.509	13012.341	9594.291	4906.004	78.3947	29.3303	2.9277	88.6958	85.1131
24	401.806	13013.461	9617.591	4906.752	79.0627	29.4163	2.9314	88.6630	85.5722
25	408.155	12844.517	9643.711	4881.057	79.4366	29.5445	2.9300	89.2171	85.8216
26	404.118	12834.501	9622.067	4826.891	79.5594	29.7257	2.9225	89.5232	87.2825
27	414.509	12668.195	9461.851	4742.690	79.3592	29.9702	2.9095	90.0073	87.6636
28	422.534	12338.530	9293.445	4633.506	78.8104	30.2803	2.9171	90.8400	88.2747
29	434.953	12046.204	9015.786	4526.973	77.8995	30.6262	2.9731	92.3146	89.7655
REHE	453.675	3372.750	6673.454	1283.907	75.7959	30.9041	2.8652	94.7710	91.3534

COMPOSICIONES

	H2 TOLUENO	C1 N-C7	C2 N-C8	C3 N-XILENO	I-C4 E-BENCEN	N-C4 DIMOCIPIEN	I-C5 CTE. 141	N-C5 CTE. 194	BENCENO CTE. 327	M-CIC-C5	N-C6
L COND	.002565 .000000	.011897 .000000	.106055 .000000	.252704 .000000	.151992 .000000	.204127 .000000	.176105 .000709	.111417 .000000	.000059 .000000	.000004	.000000
V COND	.208815 .000000	.122348 .000000	.279271 .000000	.215533 .000000	.066056 .000000	.037056 .000000	.027009 .000042	.013494 .000000	.003003 .000000	.000000	.000003
L 1	.000431 .000000	.001955 .000000	.030121 .000000	.118665 .000000	.125522 .000000	.202829 .000000	.301042 .002338	.215536 .000000	.000220 .000000	.000017	.000226
V 1	.018392	.020092	.119697	.231414	.145400	.193612	.165516	.103906	.000053	.000004	.000056

		.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000658	.000000	.000000		
L	2	.000407 .000000	.001282 .000000	.013823 .000000	.071827 .000000	.095870 .000000	.160707 .000000	.357556 .004638	.241369 .000000	.000490 .000000	.000037	.000491
V	2	.013268 .000000	.012943 .000000	.039131 .000000	.158092 .000000	.129721 .000000	.193937 .000000	.246989 .001713	.171871 .000000	.000159 .000000	.000012	.000163
L	3	.000417 .000000	.001221 .000000	.013656 .000000	.054951 .000000	.076186 .000000	.141077 .000000	.379599 .007892	.323085 .000001	.000931 .000000	.000071	.000912
V	3	.014909 .000000	.012249 .000000	.059223 .000000	.125619 .000000	.109648 .000000	.172534 .000000	.255114 .003228	.215773 .000000	.000336 .000000	.000026	.000338
L	4	.000423 .000000	.001211 .000000	.013023 .000000	.046390 .000000	.065408 .000000	.121738 .000001	.383990 .012599	.349654 .000002	.001650 .000000	.000126	.001574
V	4	.014816 .000000	.012154 .000000	.057185 .000000	.115194 .000000	.096265 .000000	.153768 .000000	.300044 .005358	.243538 .000001	.000626 .000000	.000048	.000614
L	5	.000426 .000000	.001207 .000000	.012815 .000000	.045558 .000000	.059322 .000000	.106659 .000001	.379253 .019053	.366055 .000006	.002814 .000000	.000215	.002613
V	5	.014807 .000000	.012117 .000000	.056730 .000000	.111167 .000000	.089454 .000000	.141086 .000000	.302994 .009395	.261017 .000001	.001097 .000000	.000084	.001088
L	6	.000427 .000000	.001205 .000000	.012714 .000000	.045512 .000000	.056105 .000000	.102205 .000000	.369482 .028240	.378409 .000014	.004682 .000000	.000356	.004223
V	6	.014836 .000000	.012136 .000000	.055978 .000000	.109761 .000000	.085048 .000000	.133218 .000001	.299738 .012670	.271560 .000004	.001858 .000000	.000142	.001727
L	7	.000428 .000000	.001204 .000000	.012644 .000000	.044901 .000000	.054132 .000000	.097394 .000000	.358414 .040959	.375895 .000032	.007634 .000000	.000580	.006576
V	7	.014895 .000000	.012178 .000000	.056787 .000000	.109329 .000000	.083652 .000000	.128444 .000002	.293039 .018650	.275921 .000009	.003074 .000000	.000234	.002775
L	8	.000429 .000000	.001202 .000000	.012578 .000000	.044405 .000000	.052810 .000000	.093920 .000001	.340545 .058674	.372342 .000076	.012220 .000000	.000925	.010323
V	8	.014963 .000000	.012244 .000000	.057009 .000000	.109319 .000000	.082566 .000000	.125471 .000004	.234069 .026666	.277685 .000021	.004989 .000000	.000379	.004363
L	9	.000429 .000000	.001199 .000000	.012503 .000000	.043885 .000000	.051585 .000000	.090961 .000029	.321781 .080255	.360696 .000174	.019117 .000000	.000439	.015540
V	9	.015107 .000000	.012036 .000000	.057343 .000000	.109545 .000000	.081920 .000000	.123456 .000009	.273171 .027838	.273892 .000049	.007935 .000000	.000600	.006707
L	10	.000428 .000000	.001196 .000000	.012408 .000000	.043267 .000000	.053288 .000000	.090810 .000059	.299913 .167480	.341496 .000386	.023101 .000000	.002175	.022675
V	10	.015273 .000243	.012430 .000011	.057801 .000001	.109947 .000002	.081460 .000001	.121887 .000019	.260324 .051894	.265277 .000112	.012329 .000000	.000928	.010032
L	11	.000427 .000239	.001190 .000106	.012267 .000016	.042509 .000074	.048786 .000036	.084781 .000115	.274938 .138468	.314796 .000820	.042830 .000001	.003171	.031752
V	11	.015487	.012621	.058396	.110506	.061060	.120449	.245464	.251631	.018609	.001391	.014505

		.000673	.000028	.000002	.000009	.000005	.000038	.068878	.000247	.000000		
L	12	.000424 .007321	.001181 .000247	.012128 .000062	.041576 .000354	.047034 .000160	.081134 .000215	.247516 .170145	.281549 .001654	.060525 .000009	.004421	.042345
V	12	.015755 .001795	.012821 .000067	.059139 .000010	.111227 .000047	.080662 .000023	.118966 .000073	.228729 .087788	.233141 .000518	.027105 .000001	.002007	.020106
L	13	.000419 .017912	.001167 .000537	.011914 .000233	.040421 .001608	.044977 .000664	.076983 .000380	.218299 .197316	.243501 .003136	.081486 .000062	.005842	.053141
V	13	.016091 .004571	.013072 .000154	.060071 .000039	.112157 .000221	.080269 .000100	.117461 .000134	.210559 .106450	.210587 .001033	.037807 .000005	.002762	.026457
L	14	.000408 .041073	.001143 .001076	.011605 .000794	.038921 .006803	.042479 .002582	.072113 .000524	.187752 .212250	.202342 .005466	.103275 .000419	.007210	.061645
V	14	.016546 .010987	.013411 .000330	.061342 .000143	.113514 .000986	.079981 .000407	.115978 .000233	.191557 .121253	.185173 .001924	.050000 .000038	.003585	.032614
L	15	.000389 .065704	.001101 .001900	.011128 .002368	.036787 .026017	.039169 .009102	.065899 .000920	.154976 .203645	.158563 .008501	.119797 .002541	.004034	.063454
V	15	.017274 .024470	.013954 .000641	.063409 .000473	.115948 .004053	.080086 .001538	.114852 .000372	.172140 .126686	.157996 .003269	.061547 .000250	.004297	.036746
L	16	.000361 .150538	.001040 .002691	.010418 .005568	.033643 .082718	.034523 .026844	.057404 .001120	.118639 .159700	.112595 .010616	.119427 .012714	.007453	.052891
V	16	.018573 .048358	.014926 .001072	.067165 .001336	.120729 .014683	.081140 .005137	.114666 .000519	.152429 .115182	.129847 .004797	.067629 .001434	.004536	.035832
L	17	.000013 .149963	.000117 .002767	.002380 .005408	.012953 .078642	.019421 .025633	.037250 .001189	.114313 .199970	.118598 .011185	.133584 .011866	.004659	.066090
V	17	.000536 .067127	.001541 .001508	.015435 .001873	.049843 .020818	.051148 .007260	.085046 .000739	.175482 .182262	.166067 .006760	.099993 .002125	.006828	.057609
L	18	.000000 .152871	.000013 .002896	.000513 .000537	.004583 .077951	.009853 .025473	.021629 .001267	.096727 .233178	.109047 .011872	.147757 .011634	.009765	.077534
V	18	.000018 .078829	.000165 .001807	.003353 .002208	.018245 .024456	.027355 .008521	.052469 .000894	.160776 .235558	.166421 .008146	.124136 .002535	.008614	.075486
L	19	.000000 .156199	.000001 .003028	.000108 .005504	.001555 .078041	.004742 .025548	.011861 .001342	.076457 .259697	.093326 .012557	.160559 .011559	.010758	.087157
V	19	.000001 .087478	.000018 .002048	.000709 .002457	.006333 .027027	.013617 .009414	.029890 .001021	.133448 .279143	.150109 .009274	.144338 .002821	.010145	.090690
L	20	.000000 .159506	.000000 .003162	.000022 .005581	.000513 .078383	.002205 .025693	.006267 .001417	.057795 .279724	.076192 .013246	.172183 .011543	.011648	.094920
V	20	.000000 .094389	.000002 .002259	.000147 .002655	.002127 .028987	.006488 .010095	.016228 .001133	.104391 .313759	.127117 .010323	.161978 .003037	.011491	.103382
L	21	.000000 .162894	.000000 .003305	.000005 .005665	.000166 .078840	.000999 .025871	.003222 .001494	.042287 .293508	.060096 .013975	.182862 .011556	.012440	.100815
V	21	.000000	.000000	.000030	.000698	.002998	.008521	.078383	.103057	.177753	.012644	.113575



		.100276	.002458	.002824	.030554	.010641	.001240	.339791	.011311	.003207		
L	22	.000000 .166743	.000000 .003671	.000001 .005764	.000053 .079425	.000444 .026089	.001622 .001578	.030158 .301332	.046131 .014788	.192815 .011592	.013140	.104853
V	22	.000000 .105735	.000000 .002663	.000006 .002978	.000225 .031876	.001354 .011103	.004364 .001366	.057073 .357590	.080858 .023226	.192138 .003347	.013742	.121286
L	23	.000000 .171708	.000000 .003676	.000000 .005899	.000017 .080247	.000194 .026389	.000802 .001673	.021044 .303411	.034601 .015742	.202173 .011656	.013745	.107022
V	23	.000000 .111464	.000000 .002893	.000001 .003137	.000071 .033099	.000600 .011533	.002191 .001461	.040545 .367564	.061725 .013441	.205502 .003470	.014676	.126555
L	24	.000000 .178802	.000000 .003939	.000000 .006104	.000005 .021546	.000063 .026859	.000390 .001705	.014387 .299725	.025395 .016884	.210871 .011768	.014239	.107218
V	24	.000000 .118419	.000000 .003372	.000000 .003331	.000022 .034421	.000262 .012005	.001082 .001590	.028196 .370066	.046140 .014734	.218076 .003585	.015406	.128302
L	25	.000000 .189530	.000000 .004278	.000000 .006441	.000002 .083823	.000035 .027676	.000136 .001914	.009622 .298657	.018210 .018238	.218451 .011969	.014574	.105186
V	25	.000000 .127996	.000000 .003527	.000000 .003608	.000007 .036176	.000112 .012639	.000526 .001741	.019210 .365088	.033733 .016276	.227816 .003746	.016152	.129647
L	26	.000000 .205923	.000000 .004696	.000000 .007011	.000000 .088151	.000015 .029210	.000087 .002056	.006264 .272916	.012692 .019749	.223759 .012360	.014661	.100849
V	26	.000000 .142234	.000000 .003983	.000000 .004050	.000002 .039021	.000048 .013670	.000251 .001915	.012794 .352100	.024065 .018102	.240167 .003977	.016615	.127015
L	27	.000000 .230150	.000000 .005160	.000000 .007959	.000000 .096836	.000006 .032215	.000040 .002189	.003930 .247443	.008510 .021196	.224502 .013216	.014343	.092307
V	27	.000000 .163906	.000000 .004547	.000000 .004795	.000001 .044365	.000020 .015667	.000117 .002107	.008280 .329847	.016654 .020149	.247607 .004414	.016757	.120849
L	28	.000000 .262858	.000000 .005553	.000000 .009428	.000000 .114572	.000002 .038123	.000017 .002264	.002332 .211903	.005386 .022069	.216799 .015324	.013391	.079979
V	28	.000000 .190070	.000000 .005176	.000000 .006043	.000000 .055312	.000008 .019405	.000053 .002289	.005139 .296286	.011034 .022130	.249104 .005419	.016355	.110166
L	29	.000000 .299212	.000000 .005637	.000000 .011372	.000000 .149511	.000001 .049183	.000007 .002201	.001269 .169952	.003115 .021506	.195469 .020843	.011557	.063166
V	29	.000000 .239963	.000000 .005716	.000000 .006003	.000000 .078402	.000003 .027129	.000023 .002297	.002981 .240957	.006819 .023358	.239278 .008075	.015119	.093777
L REHE		.000000 .324060	.000000 .005117	.000000 .013240	.000000 .211261	.000000 .067513	.000002 .001910	.000597 .112847	.001554 .018633	.156708 .034704	.008769	.043003
V REHE		.000000 .289550	.000000 .005840	.000000 .010645	.000000 .125499	.000001 .042055	.000009 .002314	.001530 .186601	.003722 .022627	.210541 .015453	.012642	.070971

PLATO NO.  
COND

ENTALPIA LIQ. BTU/LB-MOL  
-802.17

ENTALPIA VAPOR BTU/LB-MOL  
5434.20

PSIA  
229.700

1	2684.35	8585.81	229.700
2	3735.31	10031.09	229.700
3	4223.78	10559.31	229.700
4	4479.73	10831.92	229.700
5	4536.39	10993.65	229.700
6	4752.99	11109.01	229.700
7	4859.90	11211.31	229.700
8	4974.23	11320.41	229.700
9	5105.34	11449.51	229.700
10	5254.73	11606.97	229.700
11	5413.09	11795.60	229.700
12	5580.21	12011.54	229.700
13	5650.53	12246.45	229.700
14	5614.80	12496.19	229.700
15	5357.97	12785.90	229.700
16	4863.64	13197.69	229.700
17	3885.50	15592.41	229.700
18	7901.50	16307.25	229.700
19	8528.37	17564.19	229.700
20	8941.57	18072.12	229.700
21	9213.39	18418.17	229.700
22	9379.03	18645.93	229.700
23	9458.41	18781.82	229.700
24	9464.27	18844.97	229.700
25	9405.57	18851.93	229.700
26	9233.16	18820.73	229.700
27	9145.32	18777.45	229.700
28	9010.74	18766.31	229.700
29	9004.57	18879.81	229.700
Remo	9344.96	19250.82	229.700

MX = 6 MH = 6 MD = 6 MIT = 14 NIMN = 8

MSG ESTE PROGRAMA NO TIENE TARJETAS OSCAR MARTIARENA EXT 2416

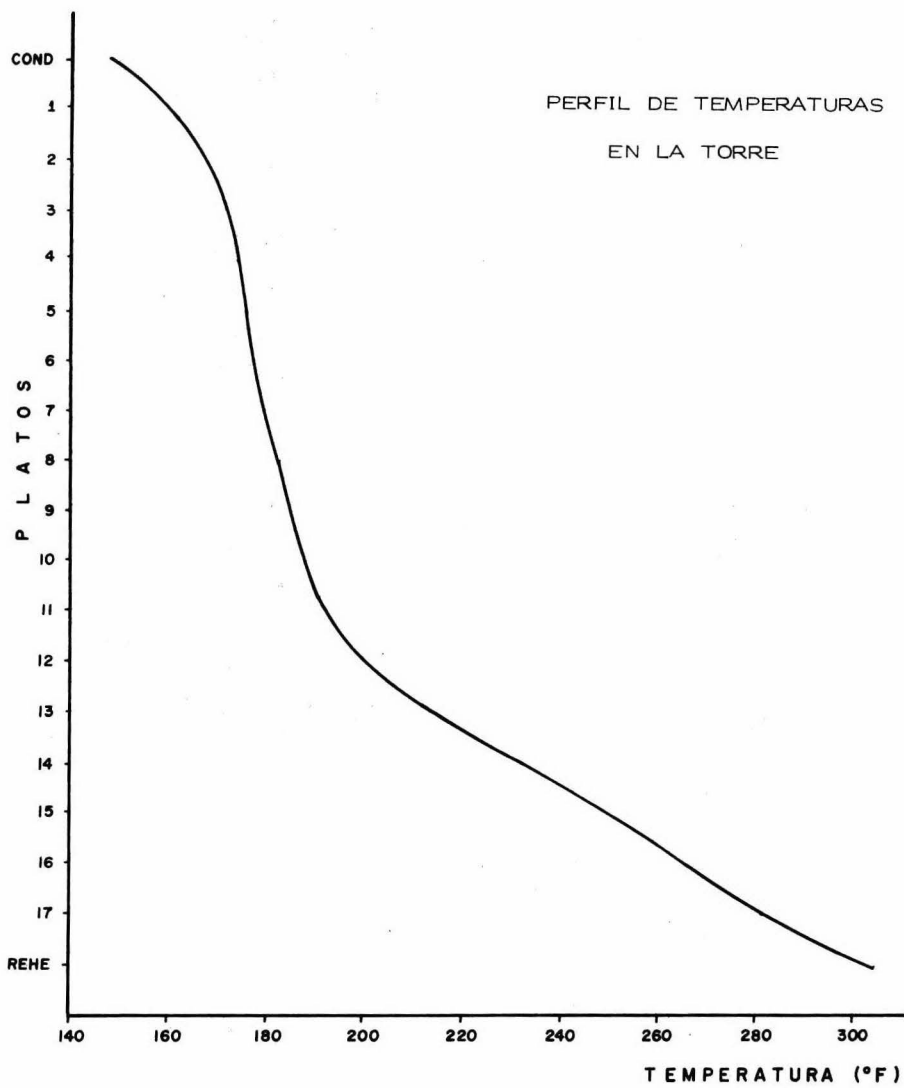
FIN

## IV.III TORRE REPASADORA

Se trata de una torre con 17 platos teóricos y 15 componentes. Aparentemente más sencilla que en el caso anterior. Los perfiles de temperatura y flujos , también fueron muy parecidos para las dos torres. Los resultados se muestran en las listas correspondientes. En este caso los resultados en lo que respecta al tiempo mejoraron notablemente:

Método de Wang            3 min. 0.741 seg.

Método del I M P        0 min. 41.914 seg.



TORRE REPASADORA

TORRE REPASADORA. TRATADORA DE HC. METODO I M P

RESULTADOS DE LA TORRE FRACCIONADORA

NUMERO DE PLATOS TEORICOS= 17  
 PRESION DE OPERACION = 46.950 PSIA  
 CARGA TERMICA DEL CONDENSADOR = 11394037.50 BTU/HR  
 CARGA TERMICA DEL REHEVIDOR = -5276342.62 BTU/HR  
 FRACCION MOLAR VAPORIZADA EN EL REHEVIDOR = 1.0000  
 RELACION DE REFLUJO = .5100

ALIMENTACION LIQ/VAP F 1 EN EL PLATO 12

	F 1	F
I-C4	.000330	
N-C4	.005420	
I-C5	.253510	
N-C5	.239270	
NEO-C5	.213580	
N-C6	.093740	
N-C7	.023800	
N-C8	.001590	
N-C9	.000720	
HEPTANOS	.085100	
OCTANOS	.030260	
NONANOS	.031330	
TBP300.0	.014900	
TBP400.8	.005850	
TBP500.7	.000510	
NO. MOLES	937.98	
TEMP. GF	198.43	
ENTALPIA	8866.44	

	DESV	DESL	BRE	SOT
I-C4	.001103	.000425	.000000	.000000
N-C4	.013905	.006982	.000001	.000004
I-C5	.307620	.325926	.002215	.007234
N-C5	.235397	.306549	.005601	.017007
NEO-C5	.416197	.275087	.000142	.000620
N-C6	.025719	.084516	.125741	.219524
N-C7	.000624	.000198	.105699	.117369
N-C8	.000000	.000000	.007554	.005855
N-C9	.000000	.000000	.003218	.001905
HEPTANOS	.000036	.000317	.379293	.401431
OCTANOS	.000000	.000000	.135261	.103492
NONANOS	.000000	.000000	.140044	.083298
TBP300.0	.000000	.000000	.056602	.031251
TBP400.8	.000000	.000000	.026149	.010172
TBP500.7	.000000	.000000	.002290	.000837
NO. MOLES	.00	727.98	210.00	.00

TEMP. OF	147.67	147.67	304.15	281.59
ENTALPIA	3800.80	-37.82	10605.67	8706.22

PLANTAS	TEMP. OF	L. LB-VOL/H	V. LB-VOL/H	GM	CFS	DL. LB/FT3	OV. LB/FT3	PUL	PMW
COND	147.668	371.270	.000	104.160	.0000	32.5473	.5721	73.2443	72.2841
1	151.025	344.423	1059.250	100.964	39.5254	32.5045	.5658	75.3315	73.2643
2	157.940	330.501	1077.403	99.593	39.1997	32.4976	.5645	76.6790	73.2012
3	171.530	331.740	1066.541	98.629	39.0319	32.5149	.5642	77.5371	74.2342
4	173.717	325.628	1059.720	97.535	38.9275	32.5527	.5640	78.1995	74.5479
5	175.490	319.151	1053.403	96.237	38.8318	32.6151	.5637	78.8810	74.7741
6	177.332	310.978	1047.141	94.505	38.7190	32.7065	.5631	79.7216	74.9610
7	179.040	301.384	1038.843	92.451	38.5775	32.8272	.5624	80.7851	75.1825
8	182.841	290.842	1027.304	90.234	38.4093	32.9795	.5617	82.0498	75.4511
9	185.487	279.954	1018.822	87.723	38.2256	33.1273	.5609	83.4370	75.7571
10	188.717	267.242	1007.974	84.905	38.0389	33.3053	.5600	84.9320	76.0747
11	192.559	242.143	985.222	78.133	37.8209	33.5153	.5593	86.6220	76.4116
12	200.159	551.006	970.123	183.793	37.4008	34.5071	.5523	92.3211	76.6574
13	215.551	552.925	341.006	180.376	13.4376	34.2775	.5575	94.4910	77.0051
14	232.938	561.159	343.925	199.730	13.8727	34.0222	.5695	97.1220	82.7025
15	239.195	576.887	351.159	210.476	14.4709	33.7957	.5675	99.8417	87.1477
16	255.118	573.573	369.887	220.344	15.1508	33.6645	.6079	102.8229	91.4722
17	281.839	572.447	368.073	225.630	15.7422	33.6964	.6281	106.5531	95.7049
REFE	304.155	210.000	362.447	36.921	15.9522	34.2581	.6459	113.8244	102.3419

COMPOSICIONES

	I-C4	N-C4	I-C5	N-C5	NEO-C5	N-C6	N-C7	N-C8	N-C9	HEPTANOS	OCTANOS
	TBP300.0	TBP300.0	TBP400.8	TBP400.8							
L COND	.000425	.006962	.325925	.306549	.275087	.094516	.000198	.000000	.000000	.000317	.000000
V COND	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000
L 1	.000141	.002595	.287742	.329588	.153614	.222154	.001274	.000000	.000000	.002193	.000000
V 1	.000425	.006962	.325925	.306549	.275087	.094516	.000198	.000000	.000000	.000317	.000000
L 2	.000133	.002274	.253773	.308566	.121566	.304953	.003112	.000000	.000000	.005656	.000001
V 2	.000333	.005659	.313543	.314118	.235594	.129151	.000547	.000000	.000000	.000926	.000000
L 3	.000196	.002112	.234574	.288072	.112151	.345357	.006001	.000000	.000000	.011543	.000004
V 3	.000223	.003484	.303927	.307139	.226360	.154482	.001123	.000000	.000000	.002012	.000000
L 4	.000094	.002043	.224245	.270272	.108368	.359434	.010364	.000001	.000000	.021164	.000015
V 4	.000332	.005454	.297365	.300766	.224090	.166157	.002014	.000000	.000000	.003831	.000001
L 5	.000093	.002005	.217375	.254434	.106011	.357112	.015674	.000003	.000000	.036236	.000055
V 5	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000	.000000

V	5	.000023 .000000	.005455 .000000	.294494 .000000	.255571 .000000	.223550	.167501	.003341	.000000	.000000	.006741	.000005
L	5	.000091 .000002	.001970 .000000	.211279 .000000	.255649 .000000	.103522	.343284	.025217	.000012	.000000	.054442	.000001
V	6	.000024 .000000	.005465 .000000	.292849 .000000	.253716 .000000	.223557	.167561	.005213	.000001	.000000	.011262	.000017
L	7	.000050 .000014	.001950 .000000	.204690 .000000	.248469 .000000	.101362	.320724	.035717	.000038	.000000	.094406	.000622
V	7	.000025 .000001	.005482 .000000	.291620 .000000	.291330 .000000	.223840	.161947	.007684	.000004	.000000	.017710	.000057
L	8	.000038 .000009	.001984 .000001	.197352 .000000	.235210 .000000	.098569	.292364	.047019	.000113	.000002	.124430	.001379
V	8	.000017 .000004	.005503 .000000	.290447 .000000	.233949 .000000	.224247	.153642	.010592	.000011	.000000	.026096	.000152
L	9	.000055 .000033	.001835 .000010	.149035 .000000	.225551 .000000	.095595	.261935	.057222	.000309	.000011	.162017	.005231
V	9	.000019 .000025	.005527 .000000	.289235 .000000	.266477 .000000	.224715	.143829	.013559	.000032	.000001	.035735	.000056
L	10	.000034 .000008	.001764 .000012	.181016 .000001	.215057 .000000	.092565	.232679	.054169	.000777	.000064	.194479	.013354
V	10	.000021 .000006	.005552 .000003	.285081 .000000	.234056 .000000	.225245	.133782	.016032	.000056	.000003	.045218	.001443
L	11	.000031 .014229	.001727 .002236	.173439 .000122	.203803 .000000	.089118	.204821	.065360	.001762	.000321	.212101	.030770
V	11	.000030 .000031	.005586 .000043	.287263 .000000	.231988 .000000	.226050	.124290	.017370	.000209	.000017	.052430	.003585
L	12	.000036 .000005	.001819 .002555	.158404 .000987	.135150 .000808	.082536	.139912	.054968	.003249	.001294	.191150	.058082
V	12	.000019 .000001	.005570 .000571	.257687 .000030	.290910 .000000	.228830	.114537	.016458	.000440	.000020	.053166	.007640
L	13	.000034 .000014	.000550 .021955	.119756 .000950	.163903 .000584	.041657	.235289	.062586	.003328	.001315	.213634	.060396
V	13	.000010 .000003	.002810 .000800	.255479 .000046	.293452 .000000	.133311	.147079	.023766	.000601	.000110	.075430	.010442
L	14	.000017 .000035	.000225 .025937	.075781 .000845	.126592 .000652	.017967	.248860	.074275	.003560	.001338	.246719	.063544
V	14	.000009 .000000	.001046 .001171	.191491 .000072	.250434 .000000	.066571	.060915	.036298	.000547	.000155	.112945	.014747
L	15	.000002 .059949	.000088 .025922	.040469 .000971	.074115 .000838	.006697	.320571	.059875	.003900	.001373	.297370	.069142

V	15	.001011 .000952	.000059 .001093	.119052 .000109	.169143 .000000	.028544 .402242	.055509	.001207	.000214	.170744	.020940
L	16	.001000 .004813	.000016 .020443	.018018 .009043	.024627 .000628	.001181 .250610	.106673	.004550	.001442	.355044	.080371
V	16	.001003 .013393	.000107 .002276	.032703 .000157	.113523 .000000	.010508 .433618	.050677	.001776	.000300	.249752	.030709
L	17	.001000 .083298	.000004 .011251	.007234 .010172	.017007 .000837	.000620 .219524	.117369	.005955	.001905	.401431	.103402
V	17	.000001 .021925	.000028 .003549	.027313 .000233	.057340 .000000	.003343 .384914	.107228	.002437	.000492	.341220	.049078
L	REHE	.000000 .140044	.000001 .065002	.002215 .020149	.005801 .002250	.000142 .125741	.105699	.007554	.003218	.379293	.135261
V	REHE	.000000 .050433	.000006 .010777	.010141 .000919	.023497 .000002	.000897 .273839	.124129	.004871	.001144	.414254	.085002

PLANT NO.	ENTALPIA LIO. BTU/LB-MOL	ENTALPIA VAPOR BTU/LB-MOL	PSIA
COND	-37.82	9300.80	46.950
1	262.69	10327.46	46.950
2	481.25	10635.04	46.950
3	624.51	10810.03	46.950
4	737.53	10921.42	46.950
5	855.90	11014.01	46.950
6	1000.77	11115.46	46.950
7	1201.43	11241.10	46.950
8	1441.89	11394.37	46.950
9	1711.01	11567.40	46.950
10	1990.11	11751.69	46.950
11	2285.35	11955.35	46.950
12	2561.00	12285.92	46.950
13	3531.88	13243.31	46.950
14	4650.29	14555.28	46.950
15	5937.55	16129.90	46.950
16	7273.73	17842.18	46.950
17	8700.22	19708.59	46.950
REHE	10605.07	22164.61	46.950

VK = 6    VV = 6    MD = 6    NIT = 26    NIMN = 20  
 DATA LOGGED - IN CONTROL MODE

DMS 6 ESTE PROGRAMA NO TIENE TARJETAS OSCAR MARTIARENA EXT 2416

SPIN



#### IV.IV TORRE DESBUTANIZADORA

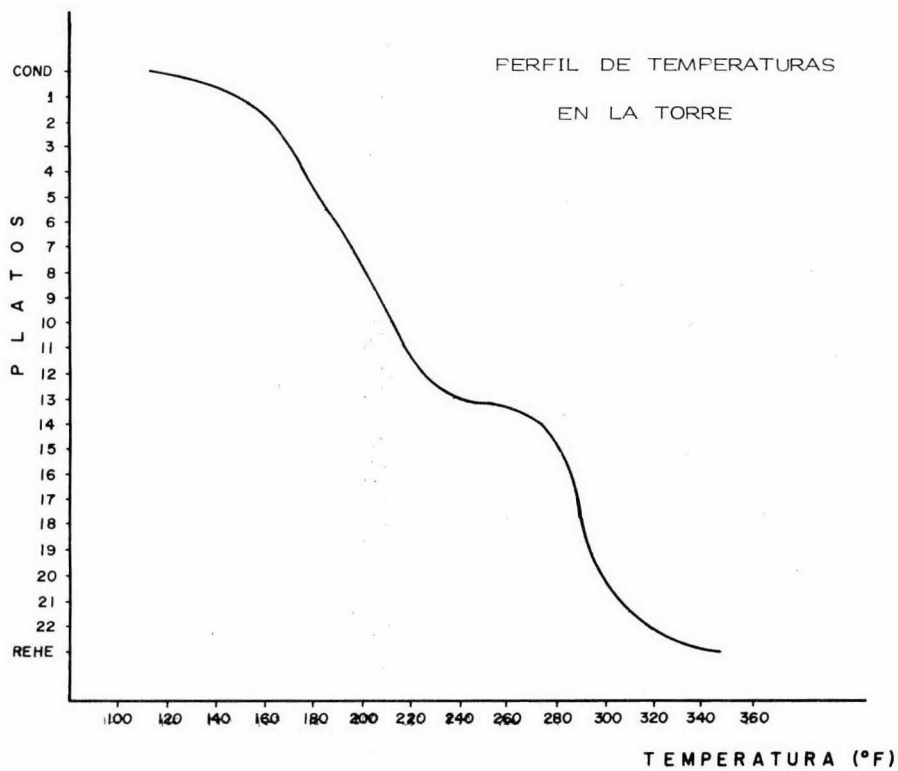
En este caso son 22 los platos teóricos y 17 los componentes.

El perfil de temperaturas fue un poco más caprichoso que en los casos anteriores, notándose perfectamente los efectos del condensador y de la alimentación. No obstante, se llegó a la convergencia.

Método de Wang                      2 min. 34.734 seg.

Método del I M P                    0 min. 58.190 seg.

A continuación se muestran los resultados.



TORRE DESBUTANIZADORA

TORRE DESBUTANIZADORA. PLANTA ESTABILIZADORA. METODO DEL I M P

RESULTADOS DE LA TORRE FRACCIONADORA

NUMERO DE PLATOS TEORICOS= 22  
 PRESION DE OPERACION = 154.700 PSIA  
 CARGA TERMICA DEL CONDENSADOR = 23952241.00 BTL/HR  
 CARGA TERMICA DEL REHEVIZADOR = -34057746.00 BTL/HR  
 FRACCION MOLAR VAPORIZADA EN EL REHEVIZADOR = 1.0000  
 RELACION DE REFLUJO = 3.0000

ALIMENTACION LIG/VAP F 1 EN EL PLATO 14

	F 1	F
H2S	.000170	
CO2	.000910	
C1	.001270	
C2	.012850	
C3	.056140	
I-C4	.026270	
N-C4	.097950	
I-C5	.090460	
N-C5	.093920	
2-N-C5	.063170	
N-C6	.117260	
HEPTANOS	.195080	
OCTANOS	.090640	
NONANOS	.115240	
TEP340.0	.007760	
TEP360.0	.000810	
TEP375.7	.000060	
NO. MOLES	4257.41	
TEMP. GF	280.00	
ENTALPIA	8226.19	

	DESU	DESL	BHE	BOT
H2S	.086742	.034207	.000000	.000001
CO2	.013775	.002815	.000000	.000000
C1	.027626	.001897	.000000	.000000
C2	.169629	.045775	.000000	.000000
C3	.382205	.286305	.000087	.000243
I-C4	.090410	.142966	.002286	.004716
N-C4	.226206	.470480	.024752	.046267
I-C5	.003086	.013757	.108230	.154353
N-C5	.000320	.001777	.117190	.158406
2-N-C5	.000000	.000001	.101904	.112412
N-C6	.000000	.000000	.143698	.150345
HEPTANOS	.000000	.000000	.239023	.186974
OCTANOS	.000000	.000000	.111057	.082634
NONANOS	.000000	.000000	.141198	.096541
TEP340.0	.000000	.000000	.009508	.006136

TP-350.0	.000000	.000000	.000000	.000000
TP-475.7	.000000	.000000	.000000	.000000
NO. MOLES	152.46	630.21	3474.74	.00
TEMP. OF	112.20	112.20	347.16	213.23
ENTALPIA	6129.69	-649.65	12624.62	10018.66

PLATO NO	TEMP. OF	L. LB-MOL/H	V. LB-MOL/H	QFM	CFS	DL. LB/FT <sup>3</sup>	CV. LB/FT <sup>3</sup>	PXL	FMV
CONC	112.2005	2345.011	152.460	513.496	1.4277	29.6596	1.3232	52.6962	44.6664
1	146.665	245.214	310.681	598.015	30.2536	27.7687	1.4670	55.8305	51.7316
2	142.330	243.522	3207.894	618.366	31.3099	27.4138	1.5434	57.5776	54.5617
3	170.035	2410.925	3216.193	623.573	31.6035	27.3465	1.5715	58.6650	55.9507
4	176.232	2367.979	3193.975	628.064	31.6438	27.3517	1.5825	60.0269	56.8040
5	182.575	2310.040	3150.649	628.653	31.7347	27.3733	1.5911	61.3760	57.6954
6	189.310	2276.345	3102.710	627.870	31.5830	27.3834	1.6010	62.7926	58.5665
7	195.015	2241.465	3059.016	631.742	31.4522	27.3737	1.6125	64.1475	59.4549
8	202.181	2214.171	3024.158	635.168	31.3689	27.3513	1.6242	65.3391	60.3529
9	207.569	2186.245	2996.841	639.188	31.3221	27.3302	1.6345	66.3563	61.3507
10	212.470	2158.327	2971.519	637.458	31.2760	27.3223	1.6420	67.2951	62.2181
11	217.351	2098.203	2938.997	636.674	31.1801	27.3636	1.6459	68.1615	62.9611
12	224.150	1956.436	2866.373	603.657	30.7444	27.5305	1.6438	70.0571	63.8628
13	230.575	1806.062	2789.106	517.573	30.2797	27.2932	1.6246	75.3439	64.8429
14	274.269	5570.413	2391.732	2002.370	28.4013	30.7778	1.5734	88.7390	67.2608
15	280.361	5746.450	2055.673	2087.869	24.2328	33.4495	1.6310	88.7372	69.5745
16	284.559	5660.747	2271.741	2146.481	26.9027	30.2428	1.6666	88.4403	71.0531
17	266.026	5945.302	2386.068	2192.584	26.2641	30.0915	1.6919	89.6038	72.1501
18	271.260	6016.352	2471.062	2233.738	26.2535	29.4641	1.7130	89.2326	73.1320
19	284.774	6061.311	2541.262	2275.516	30.1770	29.3406	1.7333	89.5548	74.0948
20	289.106	6126.342	2606.875	2321.365	31.0325	29.7112	1.7552	90.0681	75.2153
21	306.756	6176.446	2667.862	2373.084	31.9215	29.5797	1.7809	91.0374	76.2723
22	318.265	6126.616	2703.706	2425.460	32.7054	29.4862	1.8152	92.6229	77.2394
REFL	347.179	3474.740	2651.906	1473.773	33.2424	29.4838	1.8810	100.3023	84.2831

	COMPOSICIONES										
	H2S PPPTANCS	CO2 OCTANCS	C1 NONANCS	C2 DECANCS	C3 TRIP340.0	I-C4 TRIP360.0	N-C4	I-C5	N-C5	2-N-C5	N-C6
L COND	.003207	.002318	.001397	.045775	.266305	.142986	.470480	.013757	.001777	.000000	.000000
V COND	.008742	.014775	.027026	.165629	.363205	.090410	.225206	.003086	.000320	.000000	.000000
L 1	.011227	.000570	.000021	.011579	.160421	.150522	.624119	.035608	.005530	.000000	.000000
V 1	.036758	.023349	.003150	.051305	.290574	.140426	.458587	.013238	.001706	.000000	.000000
L 2	.018685	.000091	.000102	.008406	.097035	.130655	.675372	.067137	.012210	.000013	.000002
V 2	.019480	.001638	.001045	.028805	.195693	.146126	.575035	.025771	.004545	.000003	.000000
L 3	.004132	.000217	.000117	.004265	.069266	.118675	.669102	.110656	.023478	.000044	.000000
V 3	.018029	.001401	.001772	.021061	.147579	.135856	.614008	.053657	.009605	.000010	.000002

L	4	.001724 .000000	.000007 .000000	.000116 .000000	.000000 .000000	.057036 .000000	.121075 .000000	.629905 .162509	.041127 .000126	.000035 .000000
V	4	.011036 .000000	.001376 .000000	.001761 .000000	.020344 .000000	.127014 .000000	.172122 .000000	.608766 .026438	.012092 .000033	.000007 .000000
L	5	.001357 .000000	.000293 .000000	.000117 .000000	.003890 .000000	.051064 .000000	.025447 .000000	.558590 .230452	.066174 .000336	.000119 .000000
V	5	.013334 .000000	.001285 .000000	.001803 .000000	.020363 .000000	.112642 .000000	.168639 .000000	.575558 .128062	.031225 .000102	.000026 .000000
L	6	.003444 .000000	.000199 .000000	.000117 .000000	.003909 .000000	.047382 .000000	.072265 .000000	.479488 .254017	.097910 .001000	.000369 .000000
V	6	.013265 .000000	.001400 .000000	.001229 .000000	.020333 .000000	.115037 .000000	.057373 .000000	.524379 .175291	.049266 .000229	.000029 .000000
L	7	.001342 .000001	.000196 .000000	.000113 .000000	.003737 .000000	.044681 .000000	.011725 .000000	.401425 .347540	.133217 .002372	.001040 .000000
V	7	.013923 .000000	.001414 .000000	.001254 .000000	.020710 .000000	.113258 .000000	.027732 .000000	.465012 .221814	.073253 .000744	.000275 .000000
L	8	.001264 .000005	.000193 .000001	.000119 .000000	.003572 .000000	.042546 .000000	.013735 .000000	.333740 .384262	.170554 .005205	.002703 .000000
V	8	.013377 .000000	.001422 .000000	.001274 .000000	.020251 .000000	.112115 .000000	.050057 .000000	.406981 .260661	.059528 .001738	.000771 .000000
L	9	.001193 .000043	.000191 .000005	.000119 .000000	.003814 .000000	.040240 .000000	.047902 .000000	.280232 .401625	.204931 .010690	.006556 .000000
V	9	.014012 .000004	.001405 .000000	.001291 .000000	.020952 .000000	.111652 .000000	.074360 .000000	.357015 .227005	.126423 .002246	.001957 .000000
L	10	.001121 .000265	.000188 .000000	.000119 .000000	.003265 .000000	.025447 .000000	.043659 .000000	.240054 .399914	.233224 .020722	.014973 .000000
V	10	.014011 .000000	.001444 .000004	.001306 .000000	.021064 .000000	.110379 .000000	.070229 .000000	.317793 .299011	.151373 .007876	.004220 .000000
L	11	.001279 .001287	.000186 .000424	.000120 .000052	.003519 .000001	.025207 .000000	.040477 .000000	.209779 .372953	.253323 .037820	.032173 .000000
V	11	.014022 .000220	.001485 .000037	.001320 .000004	.021221 .000006	.110109 .000000	.067373 .000000	.226727 .265571	.172024 .015202	.010927 .000000
L	12	.001221 .011221	.000188 .001221	.000120 .001221	.003465 .000020	.025229 .000002	.047320 .000000	.184494 .335655	.255420 .063953	.063677 .000000
V	12	.014311 .001375	.001420 .000009	.001363 .000007	.021745 .000001	.110659 .000000	.065462 .000000	.267658 .279213	.184934 .027593	.023436 .000000
L	13	.001229 .014304	.000180 .013973	.000120 .014303	.003372 .000057	.024590 .000045	.023207 .000003	.156371 .252511	.222422 .091799	.106643 .000000
V	13	.014452 .002044	.001545 .002302	.002059 .000012	.022441 .000022	.113425 .000001	.064578 .000000	.252595 .243114	.182931 .045655	.045422 .000000

L	14	.000771 .163078	.000174 .074063	.000124 .091604	.003324 .002069	.000513 .000632	.002503 .000047	.116866	.141210	.134727	.028302	.112314
V	14	.016800 .026882	.001741 .013409	.002341 .000383	.005136 .000308	.133301 .000031	.005773 .000002	.243572	.177756	.150146	.061763	.071753
L	15	.001222 .160758	.000046 .073082	.000018 .089683	.001094 .005925	.016659 .000614	.000093 .000045	.125120	.145043	.140268	.028874	.118418
V	15	.000732 .039337	.000463 .014346	.000310 .010206	.002566 .000422	.080939 .000333	.006639 .000002	.269531	.195269	.163793	.065759	.076243
L	16	.000508 .159051	.000012 .072189	.000062 .088242	.000352 .005327	.011936 .000604	.002094 .000044	.126447	.156221	.145678	.029727	.119006
V	16	.000309 .041034	.000117 .015015	.000045 .010911	.002706 .000466	.049687 .000036	.062496 .000002	.278591	.211448	.175556	.068949	.079762
L	17	.000204 .168053	.000003 .071633	.000000 .087448	.000110 .005760	.006937 .000596	.021012 .000044	.122373	.163328	.151467	.090931	.120041
V	17	.001242 .042602	.000029 .018592	.000016 .011378	.000864 .000466	.029139 .000037	.055604 .000002	.274529	.226249	.187159	.071996	.083050
L	18	.000080 .187032	.000001 .071027	.000000 .088203	.000033 .005709	.003897 .000591	.017623 .000043	.113787	.170270	.157851	.092729	.121762
V	18	.000490 .044185	.000007 .010182	.000001 .011245	.000264 .000409	.016571 .000039	.047351 .000002	.259623	.240570	.199678	.075497	.088766
L	19	.000030 .137004	.000000 .071144	.000000 .088236	.000010 .005688	.002117 .000566	.014134 .000043	.101334	.176116	.164567	.095590	.124771
V	19	.000102 .044037	.000002 .016084	.000000 .012394	.000079 .000513	.009102 .000041	.032605 .000002	.235584	.255138	.213472	.080178	.091755
L	20	.000011 .156981	.000000 .071501	.000000 .088234	.000002 .005644	.001105 .000383	.010739 .000043	.085549	.178874	.170268	.100218	.130247
V	20	.000170 .048888	.000000 .017906	.000000 .011159	.000023 .000044	.004825 .000044	.019937 .000002	.203482	.266663	.227760	.087167	.099524
L	21	.000004 .165259	.000000 .071724	.000000 .087529	.000001 .005687	.000545 .000565	.007570 .000043	.066964	.174300	.171175	.106930	.135583
V	21	.000088 .054643	.000000 .019927	.000000 .014566	.000007 .000606	.002432 .000049	.021758 .000003	.164802	.270961	.239458	.092021	.112712
L	22	.000001 .189974	.000000 .082924	.000000 .098541	.000000 .006138	.000043 .000625	.004716 .000045	.046267	.154353	.158406	.112412	.150345
V	22	.000009 .070419	.000000 .025724	.000000 .016752	.000002 .000752	.001133 .000062	.014265 .000004	.121283	.259248	.240586	.113391	.134247
L REH		.000000 .239023	.000000 .111057	.000000 .141198	.000000 .009508	.000007 .000962	.002256 .000374	.024752	.102230	.117190	.101904	.143698
V REH		.000003 .118761	.000000 .046076	.000000 .038016	.000000 .001710	.000447 .000144	.007502 .000008	.074464	.214799	.212422	.126123	.159056

PLATO NO.	ENTALPIA LIQ. BTU/LB-MOL	ENTALPIA VAPOR BTU/LB-MOL	PSIA
COND	7099.85	8139.89	154.700
1	297.49	7344.57	154.700
2	708.18	7668.17	154.700
3	938.71	8150.90	154.700
4	1134.57	8283.69	154.700
5	1357.82	8635.21	154.700
6	1611.35	8917.52	154.700
7	1878.69	9214.39	154.700
8	2131.59	9499.77	154.700
9	2354.32	9756.41	154.700
10	2549.36	9985.83	154.700
11	2748.45	10213.22	154.700
12	2952.85	10511.03	154.700
13	3161.95	11134.51	154.700
14	3385.34	12017.78	154.700
15	3701.83	12559.60	154.700
16	3835.52	13023.39	154.700
17	3739.82	14109.85	154.700
18	3939.48	14376.21	154.700
19	4163.15	14664.25	154.700
20	3492.51	15021.25	154.700
21	3651.24	15349.50	154.700
22	10018.66	15570.00	154.700
REPT	12624.82	15784.54	154.700

AK = 6 PA = 6 PC = 6 MIT = 26 NIMN = 20

CVSG ESTE PROGRAMA NO TIENE TARJETAS OSCAR MARTIAHENA EXT 2416

FIN

## CAPITULO V

CONCLUSIONES

Los resultados mostrados en los capítulos anteriores, han sido definitivamente muy alentadores. Se ha seguido probando el método con otro tipo de sistemas de destilación y en algunos casos se siguen obteniendo buenos resultados. Actualmente se está trabajando en la reducción del método por medio de trucos de programación que hacen que el tiempo de convergencia sea menor aún.

Sin embargo, en algunos casos no se ha llegado a la convergencia. Se han analizado diferentes causas y en función de estas se pretende mejorar el método. Se encontró que en algunos casos, la convergencia no se alcanzaba por lo que se dió en llamar "impedimento físico". Esto se refiere a que a ciertas condiciones de operación, no es posible alcanzar la separación deseada. Otro problema que se presentó fue la dificultad de evaluar las propiedades físicas del Hidrógeno. Esto es claro, pues si no se cuenta con un buen sistema para evaluar las propiedades físicas no es posible llegar a la convergencia. Estos problemas se presentaron principalmente en torres desmetanizadoras donde el porcentaje de Hidrógeno es muy alto y las temperaturas de operación muy bajas. Para solucionar este problema se piensa en la posibilidad de encontrar una técnica que facilite el cálculo de propiedades.



Existe otra razón por la cual no se alcanza la convergencia. Cuestión difícil de abordar. Se trata de la estabilidad del sistema de ecuaciones a resolver, además de la estabilidad del método de convergencia. Hasta la fecha no se ha penetrado en este problema, aunque existe la posibilidad de análisis en un futuro próximo.

En general, uno de los objetivos fundamentales del método se ha alcanzado; se ha reducido el tiempo de máquina computadora en la simulación de torres en un porcentaje muy alto. Esta situación permite correr en menor tiempo diferentes condiciones de operación con el fin de obtener una torre que sea óptima dependiendo de los requerimientos, y de tal manera economizando.

Queda, entonces, abierto el tema para implementar diferentes alternativas que poco a poco vayan ampliando su campo de acción, ya sea mejorando el algoritmo de convergencia, dando protecciones al método donde éste se dispare, o bien, implementando nuevos sistemas, que, al fallar los ya estructurados, hagan al modelo más estable.

## NOMENCLATURA

- A . Matriz de derivadas parciales de las funciones en el plato  $i$  con respecto a las variables del plato  $i + 1$  .
- $A_i$  . Elemento auxiliar en el cálculo de las composiciones.
- $B_i$  . Matriz de derivadas parciales de las funciones en el plato  $i$  con respecto a las variables en este mismo plato.
- $B_i$  . Elemento auxiliar en el cálculo de las composiciones.
- C . Matriz de derivadas parciales de las funciones en el plato  $i$  con respecto a las variables del plato  $i + 1$  .
- $C_i$  . Elemento auxiliar en el cálculo de las composiciones.
- c . Número de componentes .
- D . Vector de imbalances (materia, energía, equilibrio) en cada uno de los platos.
- $D_i$  . Elemento auxiliar en el cálculo de las composiciones .
- E . Balance de Entalpia o Energía.
- $E_i$  . Matriz auxiliar en el algoritmo matemático de solución de ecuaciones.
- EQ . Ecuación de equilibrio.
- F . Flujo de alimentación.
- F . Vector de imbalances (materia, energía, equilibrio) a través de toda la torre.
- $F_i$  . Vector de imbalances (materia, energía, equilibrio) en cada uno de los platos.
- f . Valor de los imbalances según el caso (materia , energía equilibrio)

- H . Entalpia de los vapores en la torre.
- HF . Entalpia de la alimentación.
- h . Entalpia de los líquidos en la torre.
- K . Constante de equilibrio de cada componente en cada plato.
- L . Flujo de líquido.
- M . Balance de materia.
- p . Elemento auxiliar en el cálculo de las composiciones.
- $\eta$  . Elemento auxiliar en el cálculo de las composiciones.
- Q . Calor extraído o agregado al plato.
- $\mathcal{L}$  . Vector auxiliar en el algoritmo matemático de solución de las ecuaciones.
- T . Temperatura de cada plato.
- U . Extracción de líquido.
- V . Flujo de vapor.
- W . Extracción de vapor.
- X** . Vector de todas las variables del sistema.
- $\mathbb{X}$  . Vector de las variables en cada plato.
- x . Variables : L, V ó T, según el caso.
- $\Delta\mathbf{X}$  . Vector de incrementos de cada variable, en el Método Newton-Raphson.
- xf . Composición de líquido.
- xF . Composición de vapor, líquido, o ambas en la alimentación.
- y . Composición de vapor.
- Z . Vector de incrementos de cada variable, en cada plato, en el Método Newton-Raphson.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) CARNAHAN, H. A. Luther, J. O. Wilkes  
Applied Numerical Methods  
Wiley-1970
  
- (2) CASTELLANOS, Julián  
Apuntes para Simulación de Torres de Etapas de Equilibrio  
Instituto Mexicano del Petróleo
  
- (3) KING, C. J.  
Process Separation  
McGraw-Hill Book Company-1970
  
- (4) NAPHTALI, L. M. and Sandholm, D. P.  
Multicomponent Separation Calculations by Linearization  
A I Ch E Journal January-1971
  
- (5) SMITH, Buford D.  
Design of Equilibrium Stage Process  
McGraw-Hill Book Company-1963
  
- (6) WANG, J. C. and Henke, G. E.  
Tridiagonal Matrix for Distillation  
Hydrocarbon Processing August-1966

- (7) FRANKS, R. G. E.  
Modeling and Simulation in Chemical Engineering  
Wiley-1972
- (8) Van Winkle, M.  
Distillation  
McGraw-Hill Book Company-1967