

INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY

ESCUELA DE INGENIERIA

CALCULO DE ALGUNAS CARACTERISTICAS  
PARA DISEÑO Y ESTIMACION DEL COSTO  
DE TORRES DE ENFRIAMIENTO MEDIANTE  
EL USO DE UNA COMPUTADORA DIGITAL  
IBM 1620

TESIS PROFESIONAL  
INGENIERO QUIMICO ADMINISTRADOR

ARTURO SALAZAR GARCIA

1 9 6 4

TL

TJ563

.S35

1964

c.1



1080111056

# 235

autor: Arturo Salazar García

té-sis: "Cálculo de algunas características para diseño y estimación del costo de torres de enfriamiento mediante el uso de una computadora digital IBM-1670"

ENCUADERNACION  
*Monterrey*

GARIBALDI 915 SUR  
TELEFONO 2-55-77

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS SUPERIORES DE MONTERREY**

**Escuela de Ingeniería**

**CÁLCULO DE ALGUNAS CARACTERÍSTICAS PARA DISEÑO Y ESTIMACIÓN  
DEL COSTO DE TORRES DE ENFRÍAMIENTO MEDIANTE EL USO DE UNA  
COMPUTADORA DIGITAL IBM 1620**

**Tesis Profesional**

**INGENIERO QUÍMICO ADMINISTRADOR**

**ARTURO SALAZAR GARCÍA**

**Monterrey, N. L., Junio de 1964**

TJ563

.S35

1964



**A MIS PADRES**  
**con cariño y respeto**

La ejecución de los programas de este trabajo se realizó en el Centro Electrónico de Cálculo del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, bajo la dirección del Sr. Ing. Héctor López Ramos, - M.Ch.E., a quien se agradece su guía y consejo.

Se agradecen las valiosas sugerencias  
y ayuda prestada por el Sr. Lic. Octa  
vio García Rodríguez.



## RESUMEN

El objeto del presente trabajo es el diseño de torres de enfriamiento industriales, así como el correspondiente cálculo de su costo, utilizando una computadora digital IBM 1620 de 20,000 posiciones de memoria.

El diseño se ha hecho consultando gráficas de operación de la Compañía Marley y el costo se ha estimado mediante la gráfica presentada por Gaffert.

Se realizaron una serie de diseños aprovechando la gran velocidad de las máquinas computadoras y los resultados se presentan en forma de tablas de valores y gráficas de costo vs. enfriamiento.

Se presentan también apéndices mostrando la forma en que se calcularon los coeficientes para la consulta de gráficas y la forma en que se elaboró una subrutina para graficar que se puede añadir al procesador FORTRAN.

## I N D I C E

RESUMEN . . . . .	1
Capítulo 1	
INTRODUCCION . . . . .	1
Capítulo 2	
TEORIA SOBRE DISEÑO Y CALCULO DE COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO	
2.1 Terminología referente a torres de enfriamiento . . . . .	3
2.2 Generalidades . . . . .	5
2.3 Diseño de torres de enfriamiento de tiro inducido mediante las gráficas de la Compañía Marley . . . . .	12
2.3.1 Datos necesarios para el diseño . . . . .	12
2.3.2 Gráficas de diseño utilizadas . . . . .	12
2.3.3 Procedimiento para el diseño . . . . .	17
2.3.4 Temperatura de bulbo húmedo de diseño . . . . .	22
2.4 Cálculo de costo de torres de enfriamiento . . . . .	24
Capítulo 3	
TEORIA SOBRE COMPUTADORAS	
3.1 Introducción . . . . .	25
3.2 Computadoras . . . . .	25
3.3 Computadoras digitales . . . . .	26
3.3.1 Entrada y salida . . . . .	26
3.3.2 Memoria . . . . .	26
3.3.3 Control . . . . .	27
3.4 Programa . . . . .	28
3.5 Lenguaje simbólico . . . . .	29
3.6 Superlenguajes . . . . .	29
Capítulo 4	
PROGRAMAS UTILIZADOS	
4.1 Procedimiento seguido en la consulta de gráficas . . . . .	30
4.1.1 Determinación del factor de relación para el cálculo del volumen de la torre . . . . .	30

- 4.1.2 Cálculo del factor de éren . . . . . 31
- 4.1.3 Cálculo del factor de potencia . . . . . 32
- 4.2 Finalidad y manejo de los programas . . . . . 33
  - 4.2.1 Programa de diseño . . . . . 33
  - 4.2.2 Programa de cálculo de costo . . . . . 33
- 4.3 Organización de los programas . . . . . 35
  - 4.3.1 Programa de diseño . . . . . 35
  - 4.3.2 Programa de cálculo de costo . . . . . 36
- 4.4 Listado de los programas . . . . . 39
  - 4.4.1 Programa de diseño . . . . . 40
  - 4.4.2 Programa de cálculo de costo . . . . . 46

Capítulo 5

- RESULTADOS OBTENIDOS . . . . . 48

Capítulo 6

- DISCUSIONES Y CONCLUSIONES . . . . . 77

- BIBLIOGRAFIA . . . . . 79

Apéndice 1

SUBROUTINA "PLOT"

- 1.1 Subrutinas "FORTRAN" . . . . . 81
- 1.2 Subrutinas "FORTRAN" reubicables . . . . . 82
- 1.3 Uso de la subrutina "PLOT" . . . . . 83
- 1.4 Programa SPS de la subrutina PLOT. . . . . 85
  - 1.4.1 Algoritmo utilizado . . . . . 85
  - 1.4.2 Listado del programa SPS . . . . . 86
  - 1.4.3 Observaciones al listado del programa . . . . . 88

Apéndice 2

- EJEMPLO DEL CALCULO DE LOS COEFICIENTES PARA LA DETERMINACION DE  
PENDIENTES Y ORDENADAS INICIALES DE LAS GRAFICAS . . . . . 90

## I N T R O D U C C I O N

El objeto del presente trabajo es la aplicación de computadoras electrónicas al diseño de torres de enfriamiento industriales de tiro inducido.

A tal fin se formulan programas para resolver este problema en forma general utilizando como datos las condiciones de cada problema específico.

Dada la enorme velocidad a que es posible hacer los cálculos en una computadora, es fácil hacer muchos diseños, teniendo en cuenta la posibilidad de modificar algunos factores que influyen en ellos, tales como: aproximación a temperatura de bulbo húmedo, enfriamiento, razón de circulación; además, puede hacerse, a continuación de cada diseño, un cálculo de costo y seleccionar uno o varios de ellos mediante el criterio de selección que se desee, el cual se incorpora en el programa.

Uno de los problemas que se resuelven en este trabajo es el de hacer posible que se efectúen los cálculos en la máquina, consultando gráficas que pueden haber sido obtenidas de datos experimentales, o responder a una ecuación matemática muy complicada. La consulta de gráficas, tan útil y frecuente en ingeniería, se logra mediante técnicas de programación que se exponen en el capítulo 4 de este trabajo.

Otro fin no menos importante que se persigue es el de utilizar las computadoras digitales en los problemas de Ingeniería Química, haciendo resaltar con este ejemplo las ventajas que las mencionadas máquinas reportan.

Como procedimiento de diseño se adoptó el que sugiere el Ing. Ricardo Vera, que se basa en la consulta de las gráficas de operación de torres de enfriamiento de la Compañía Marley ( 1 ).

Aunque las técnicas de programación empleadas pueden utilizarse en muchos casos similares, sólo se han aplicado los programas a torres de enfriamiento de tiro inducido del tipo empleado por la Compañía Marley y, por tanto, solo a ellas se refieren.

Los cálculos de costo se verificaron también por consulta de gráficas, en este caso las presentadas por Gaffert ( 2 ), por medio de las cuales se puede estimar el costo con base en 1950.

Para actualizar dicho costo se puede utilizar el índice de precios M & S.

La computadora utilizada es una IBM 1620 de 20,000 posiciones de memoria, pero como los programas están codificados en FORTRAN, pueden ser procesados en otras computadoras.

## CAPITULO 2 .

TEORIA SOBRE DISEÑO Y CALCULO DE -  
COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO ( 3 ) .

2 . 1 . - TERMINOLOGIA REFERENTE A TO -  
RRES DE ENFRIAMIENTO ( 1 ) .

Enfriamiento :

Diferencia entre la temperatura de entrada del agua y la temperatura de salida de la misma.

Aproximación :

Diferencia entre la temperatura de salida del agua y la temperatura del bulbo húmedo del aire que llega a la torre.

Carga térmica :

Cantidad de calor disipada por unidad de tiempo en la torre, tanto - para calentar el aire circulante como para evaporar parte del agua.

Razón de circulación :

Volumen de agua que se hace llegar a la torre por unidad de tiempo.

Arrastre :

Cantidad de agua que se pierde en la torre en forma de gotas muy pequeñas que son empujadas por el aire. Casi siempre se expresa como un porcentaje del agua total que se pierde en la torre.

Agua de repuesto :

Cantidad de agua que se pierde en la torre, ya sea por ser arrastrada por el aire, por evaporación o por cualquier otra causa.

**Purga :**

Desperdicio continuo e intermitente de agua con el propósito de disminuir la concentración de sólidos en la misma.

**Razón de evaporación :**

Volumen de agua evaporada en la torre por unidad de tiempo.

**Capacidad :**

El volumen promedio de agua en la torre en un momento dado.

**Concentración de agua :**

La razón a la cual cae el agua a través de la torre expresada en volumen por unidad de tiempo y por unidad de área.

**Tiempo de retención :**

Tiempo requerido por el agua para caer desde el sistema de distribución al depósito de agua de la torre.

## 2 . 2 . - G E N E R A L I D A D E S . ( 1 )

En muchos procesos industriales se requiere disipar gran cantidad de calor, lo cual se logra casi siempre mediante cambiadores de calor en los que circula agua.

Las torres de enfriamiento se han creado para contribuir a resolver este problema, especialmente en los casos en que no se dispone de suministros de agua fría suficientemente grandes.

En una torre de enfriamiento se enfría el agua que llega después de pasar por el cambiador de calor, quedando a una temperatura adecuada para volver a circularse. (Figura 1)

El calor que se requiere disipar es transportado por el agua desde el cambiador de calor a la torre de enfriamiento, y cedido en esta a la atmósfera, al evaporarse una parte de la misma agua.

Este tipo de equipo funciona como una columna de absorción haciendo pasar aire a contracorriente (o en flujo cruzado) con agua.

Las torres de enfriamiento pueden clasificarse en dos grupos:

Torres de tiro natural y atmosféricas.

Torres de tiro mecánico.

Las torres de tiro natural se caracterizan porque el movimiento del aire a través de ellas no es provocado mecánicamente en ninguna forma, sino que obedece a causas tales como la velocidad del viento, diferencia de densidad del aire caliente y el aire frío, etc. (Figuras 2 y 3)

Este tipo de torres tienden actualmente a desaparecer debido, por una parte, a la gran superficie que se requiere para su instalación y, por otra, al perfeccionamiento alcanzado por el equipo de tiro mecánico.



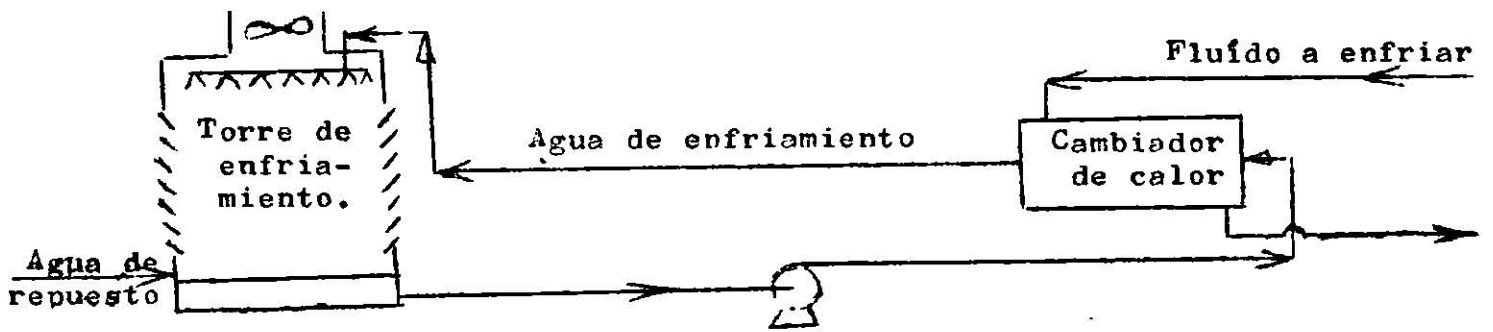


Figura 1.

Esquema del funcionamiento de una torre de enfriamiento.

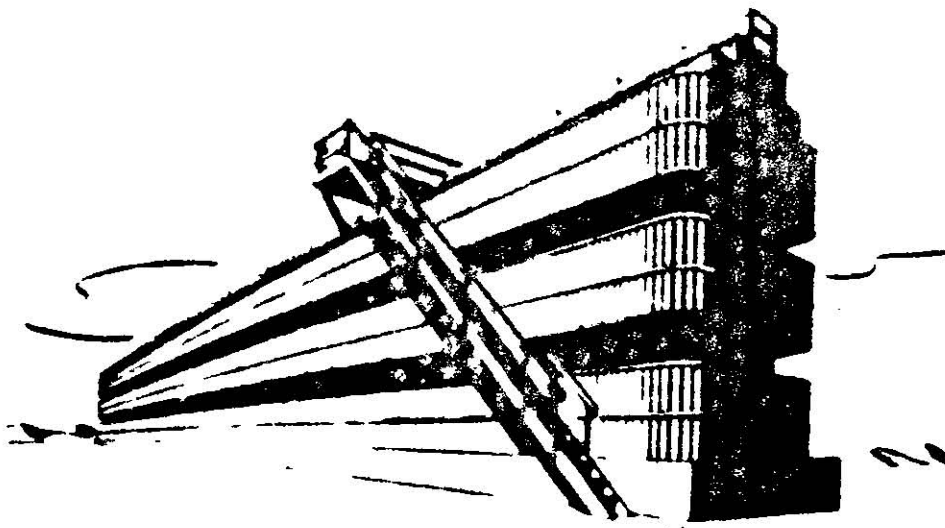


Figura 2. Torre de enfriamiento atmosférica

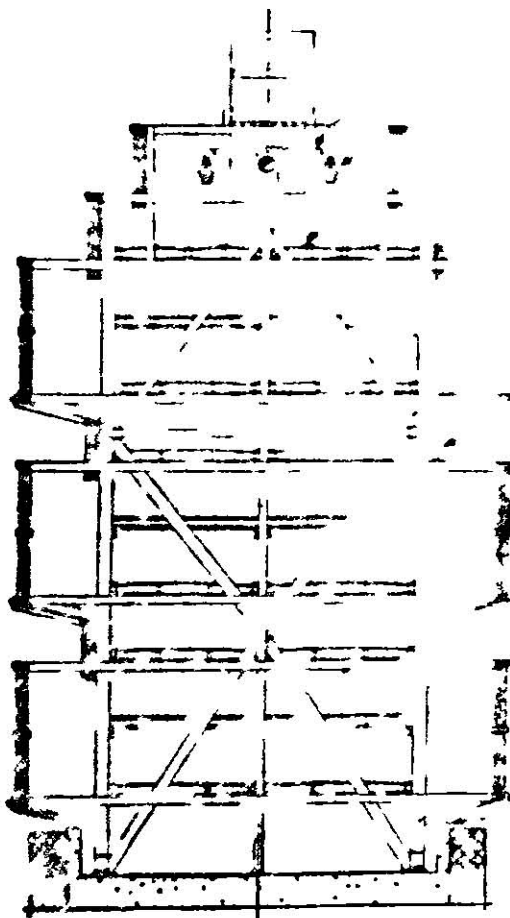


Figura 3. Esquema de una torre de enfriamiento atmosférica.

Sus principales ventajas y desventajas son las siguientes:

Ventajas :

- a) No tienen partes móviles en su interior.
- b) Bajo costo de mantenimiento.
- c) El aire usado no tiende a recircularse.
- d) Una vida larga libre de problemas.
- e) La temperatura promedio del agua fría será menor que en una torre de tiro mecánico diseñada para las mismas condiciones de trabajo, ya que las velocidades de viento de diseño son generalmente menores que las promedio.

Desventajas :

- a) Gran longitud de la torre debido a su construcción angosta.
- b) Costo inicial elevado (casi el mismo que para una torre de tiro - mecánico).
- c) Carga de bombeo grande.
- d) Debe estar colocada en un área sin obstrucciones.
- e) La temperatura del agua fría fluctúa con los cambios de dirección y velocidad del viento.
- f) Debe ser colocada perpendicular a la dirección de los vientos dominantes.
- g) Debe tener cimentación fuerte para que pueda resistir los vientos fuertes.
- h) Mayor arrastre que en las torres de tiro mecánico.

Las torres de tiro mecánico tienen ventiladores para acelerar el paso del aire a través de ellas y pueden clasificarse como de tiro forzado (Fig. 4) y de tiro inducido (Figura 5, ) según los ventiladores se encuentren a la entrada o a la salida del aire.



Figura 4. Torre de enfriamiento de tiro forzado.

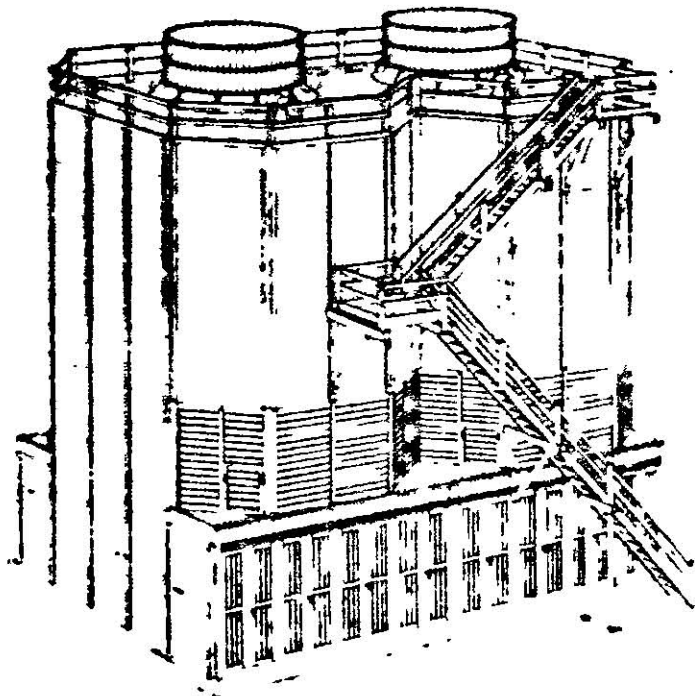


Figura 5. Torre de enfriamiento de tiro inducido a contraflujo.

Las torres de tiro mecánico más comúnmente usadas son las de tiro inducido que pueden ser diseñadas para trabajar a contraflujo o en flujo cruzado.

Las principales ventajas y desventajas de las torres de tiro mecánico son :

Ventajas :

- a) Control bastante bueno de la temperatura del agua fría.
- b) Pueden ser instaladas en una área de terreno pequeña.
- c) Carga de bombeo generalmente baja.
- d) Mayor relleno por unidad de volumen.
- e) Una aproximación pequeña y enfriamiento mayor.

Desventajas :

- a) Se requiere gran potencia para operar los ventiladores.
- b) Está sujeta a fallas mecánicas.
- c) El aire húmedo de salida tiende a recircularse.
- d) Los costos de mantenimiento y operación son altos.

En especial las ventajas y desventajas de las torres de tiro inducido de flujo cruzado, son :

Ventajas :

- a) Carga de bombeo baja.
- b) Arreglo conveniente del sistema de distribución.
- c) Es posible limpiar el sistema de distribución mientras la torre está en operación.

- d) La altura del relleno es casi igual a la de la torre.
- e) Se requieren ventiladores de menor potencia.
- f) Mayor superficie de relleno por unidad de volumen de la torre.
- g) Mayor carga de agua para una altura de torre dada.
- h) La temperatura del agua en el depósito varía del centro a los lados, de acuerdo con una curva dada. De esta manera, el agua se puede usar a diferentes temperaturas. (3).
- i) Se pueden utilizar ventiladores de mayor diámetro, por tanto se requieren menos celdas para una capacidad dada.

#### Desventajas:

- a) El sistema de distribución no tiene presión suficiente para evitar que se tapen los orificios por algas y otros elementos extraños.
- b) El sistema de alimentación de agua está expuesto al aire, lo que acelera el crecimiento de las algas.

2.3. - DISEÑO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO DE TIRO INDUCIDO MEDIANTE LAS GRÁFICAS DE OPERACION DE LA COMPAÑIA - MARLEY . ( 1 ) .

2.3.1.- Datos necesarios para diseño :

Para realizar el diseño, es necesario conocer los siguientes datos :

Temperatura de bulbo húmedo de diseño.

Aproximación.

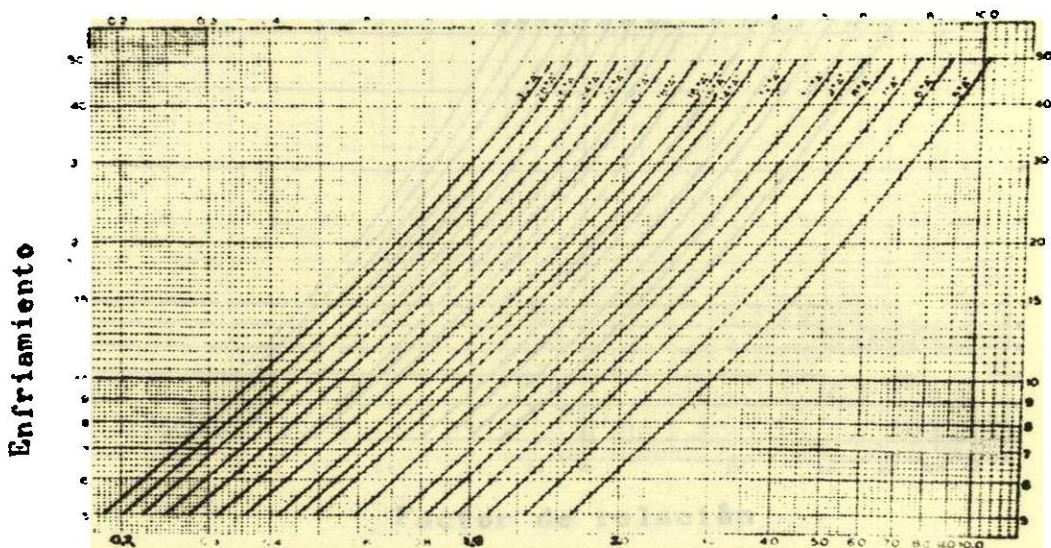
Enfriamiento.

Carga térmica.

2.3.2.- Gráficas utilizadas en el diseño : ( 1 ) .

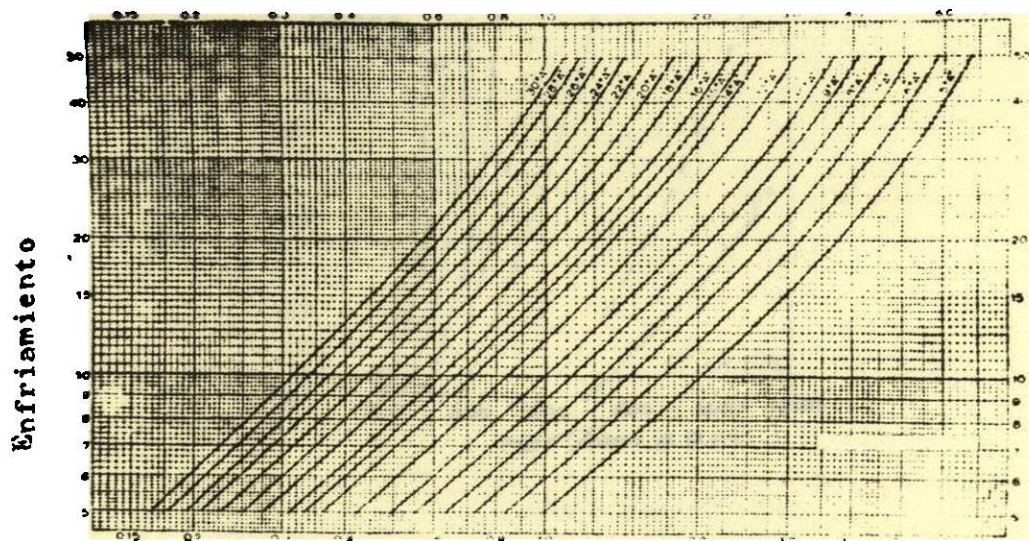
En el diseño se utilizan los siguientes conjuntos de gráficas :

- a) Conjunto de las gráficas mostradas en las figuras 6, 7 y 8, cada una de las cuales muestra una familia de curvas, mediante las que se obtiene un factor llamado factor de relación, que depende de la temperatura de bulbo húmedo, enfriamiento y aproximación.
- b) Conjunto de las gráficas de las figuras 9, 10 y 11, cada una de las cuales muestra dos familias de curvas mediante las que se obtiene el área por unidad de razón de circulación, para diseño de carga media y carga baja en función de la temperatura de bulbo húmedo, la aproximación y el enfriamiento. ( 4 ) .
- c) Conjunto de gráficas formado por la familia de curvas de la figura 12, mediante la cual se obtiene la potencia total requerida para la operación de la torre por unidad de razón de circulación en función de la aproximación a temperatura de bulbo húmedo y el enfriamiento y la curva de corrección para la potencia total requerida en función de la temperatura de bulbo húmedo. (Figura 13);



Factor de relación

Figura 6. Factor de relación en función del enfriamiento y la aproximación para temperatura de bulbo húmedo de 60 °F.



Factor de relación

Figura 7. Factor de relación en función del enfriamiento y la aproximación para temperatura de bulbo húmedo de 70 °F.



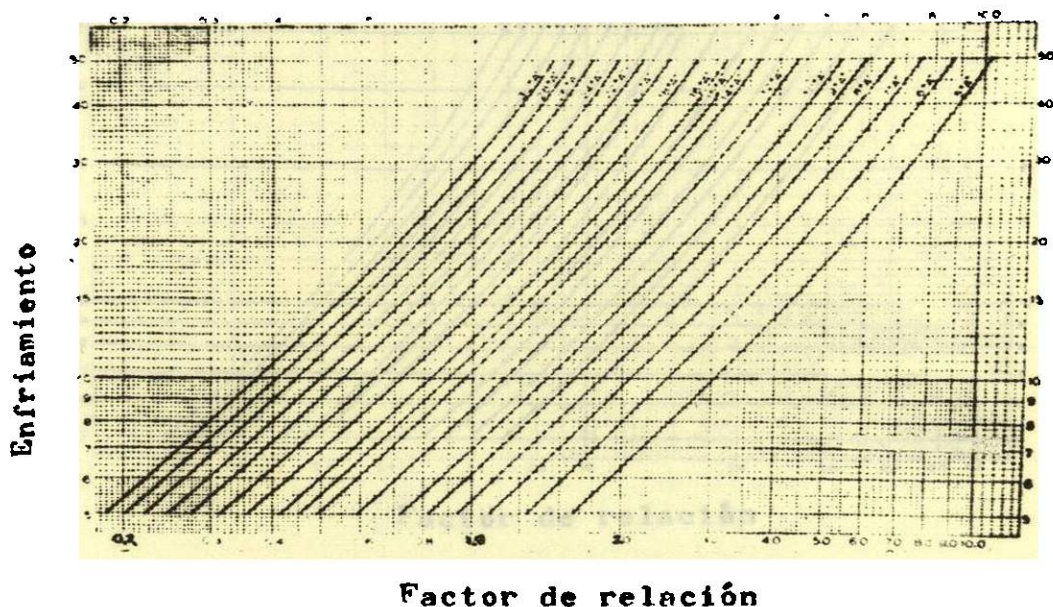


Figura 6. Factor de relación en función del enfriamiento y la aproximación para temperatura de bulbo húmedo de 60 °F.

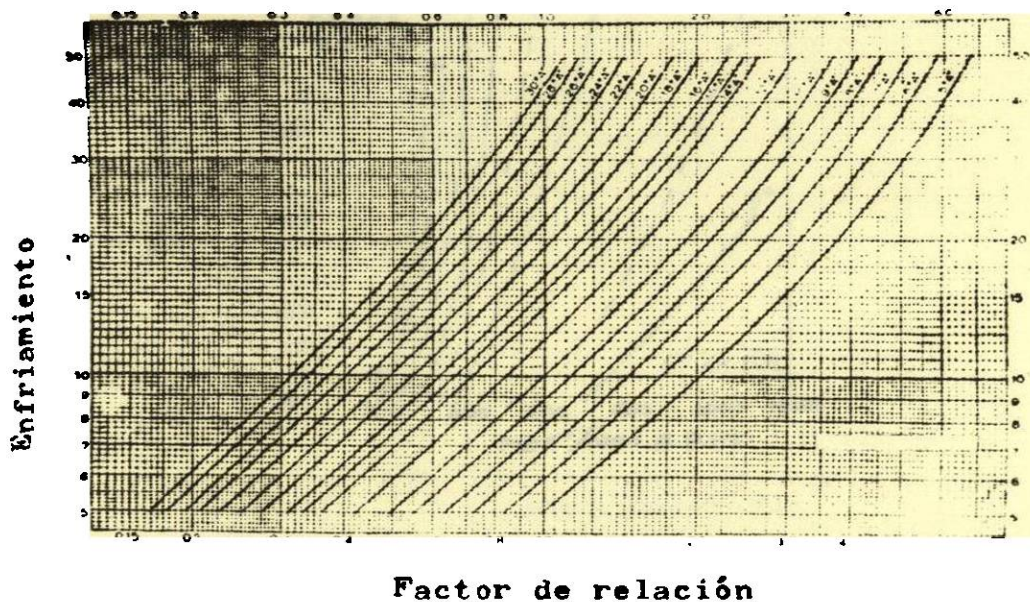


Figura 7. Factor de relación en función del enfriamiento y la aproximación para temperatura de bulbo húmedo de 70 °F.

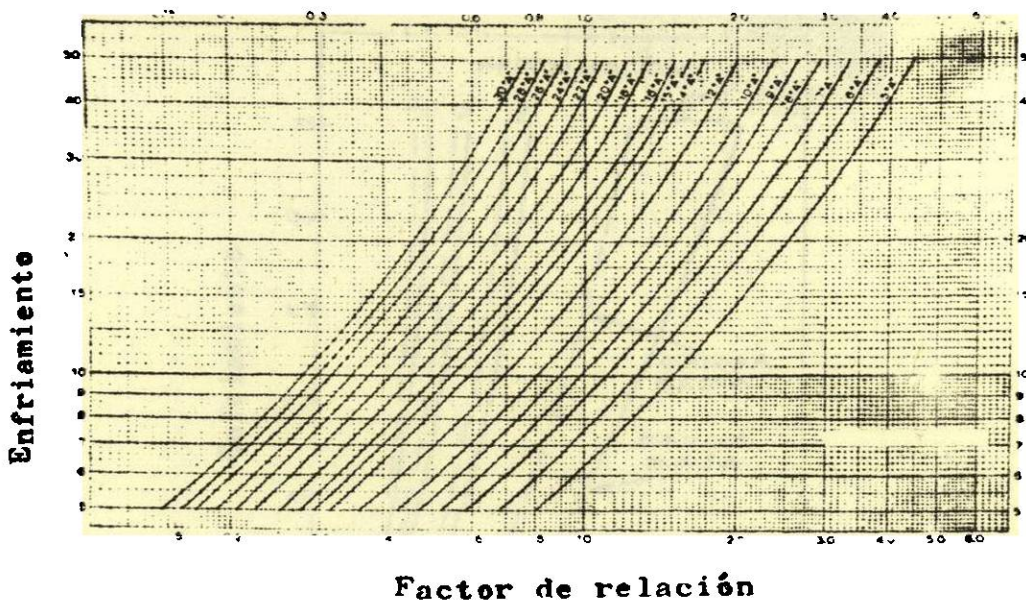


Figura 8. Factor de relación en función del enfriamiento y la aproximación para temperatura de bulbo húmedo de 80 °F.

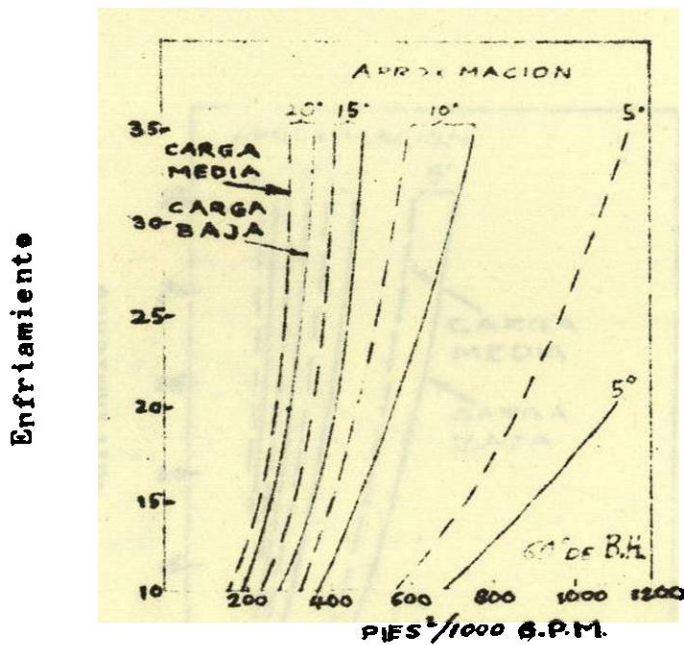


Figura 9. Factor de área en función del enfriamiento y la aproximación para temperatura de bulbo húmedo de 60 °F.

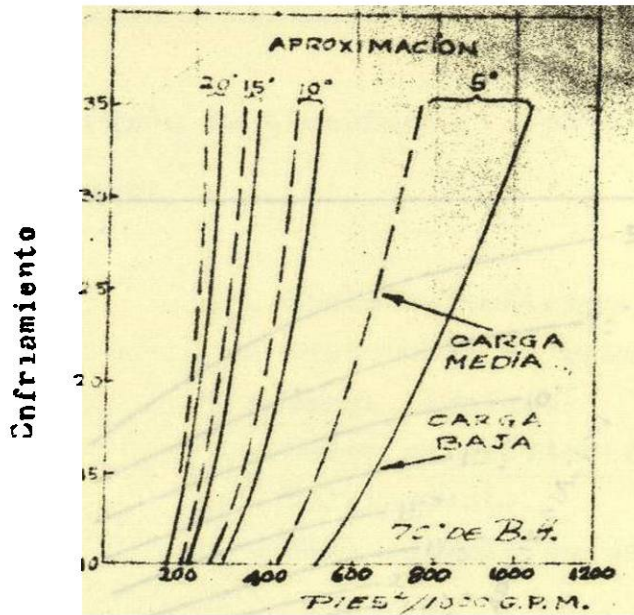


Figura 10. Factor de área en función del enfriamiento y la aproximación para temperatura de bulbo húmedo de 70 °F.

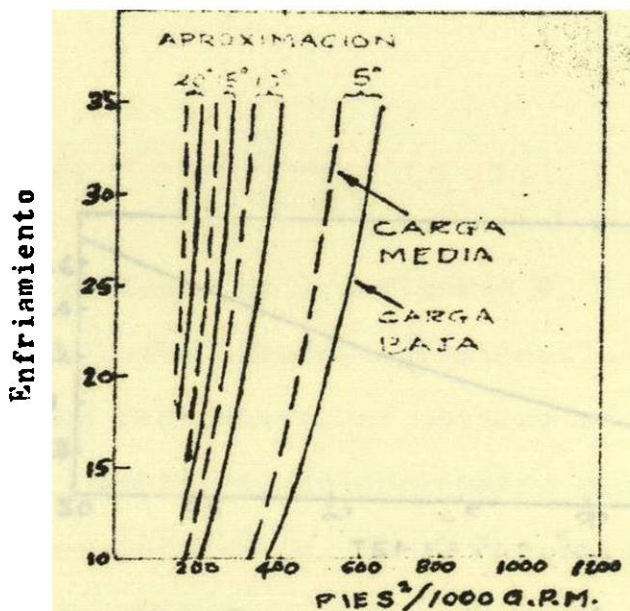


Figura 11. Factor de área en función del enfriamiento y la aproximación para temperatura de bulbo húmedo de 80 °F.

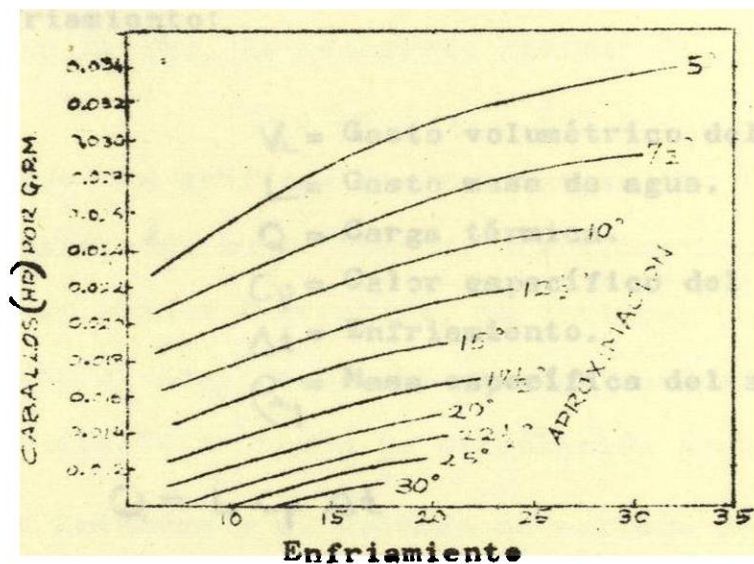


Figura 12. Potencia total para la operación de una torre de enfriamiento.

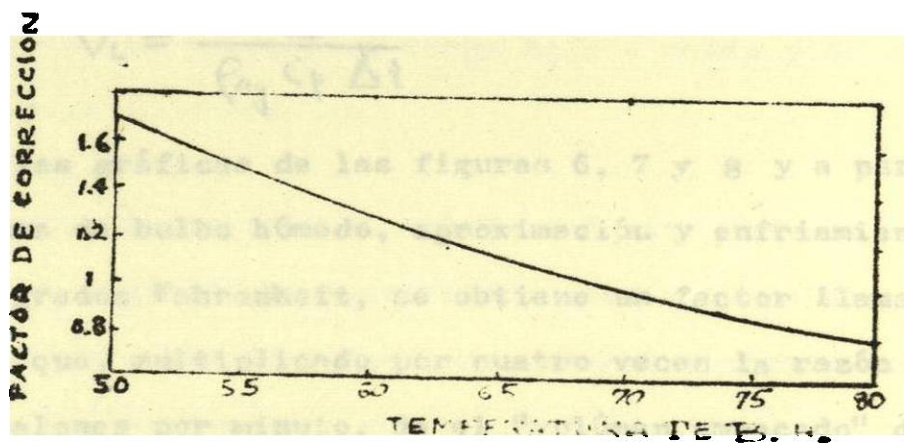


Figura 13. Factor de corrección para la determinación de la potencia total requerida.

### 2.3.3.- Procedimiento para el diseño : ( 1 )

A) Se calcula la razón de circulación a partir de la carga térmica y el enfriamiento:

Sean:

$V_L$  = Gasto volumétrico del agua.

$L$  = Gasto masa de agua.

$Q$  = Carga térmica.

$C_p$  = Calor específico del agua.

$\Delta t$  = Enfriamiento.

$\rho_w$  = Masa específica del agua.

entonces,

$$Q = L C_p \Delta t$$

$$L = \frac{Q}{C_p \Delta t}$$

pero,

$$V_L = \frac{L}{\rho_w}$$

por tanto,

$$V_L = \frac{Q}{\rho_w C_p \Delta t}$$

B) Mediante las gráficas de las figuras 6 y 8 y a partir de la temperatura de bulbo húmedo, aproximación y enfriamiento, expresados en grados Fahrenheit, se obtiene un factor llamado de relación, Fr. que, multiplicado por cuatro veces la razón de circulación en galones por minuto, da el "volumen empacado" de la torre en pies cúbicos,  $V_{em}$

$$V_L = 4 Fr ;$$

En las torres del tipo de flujo cruzado, el "volúmen empacado" equivale solamente al 70% del volúmen real ( $V_{re}$ ), por lo que para obtener este último, es necesario dividir  $V_{em}$  por 0.70

$$V_{re} = V_{em} / 0.70$$

C) Utilizando las gráficas de las figuras 9, 10, 11 y a partir de la temperatura de bulbo húmedo, aproximación de enfriamiento expresados en grados Fahrenheit, se obtienen dos factores de área que indican el área necesaria en pies cuadrados por cada 1000 galones por minuto de razón de circulación para cargas baja y media. Con estos factores y el volúmen de relleno previamente obtenido, se calculan el área de relleno y la altura de la torre para cargas media y baja.

Se considera adecuado hacer el diseño basándose en carga media, si la altura así obtenida es de 25 pies o mayor; si la altura es de 24 pies o menor, el diseño adecuado es el de carga baja. Bajo este criterio, se selecciona carga baja o media y se definen las dimensiones de la torre.

D) Se estima la temperatura de salida del aire como la temperatura promedio del agua. Se ha justificado esta suposición graficando datos experimentales de ambas temperaturas y observando que la mayoría de los puntos caen sobre una recta de pendiente 1 que pasa por el origen ( Figura 14 )

Además, en un buen diseño, se tendrá aire saturado a la salida de la torre, por lo que se considera que el aire de salida es aire saturado a temperatura igual a la temperatura promedio del agua.

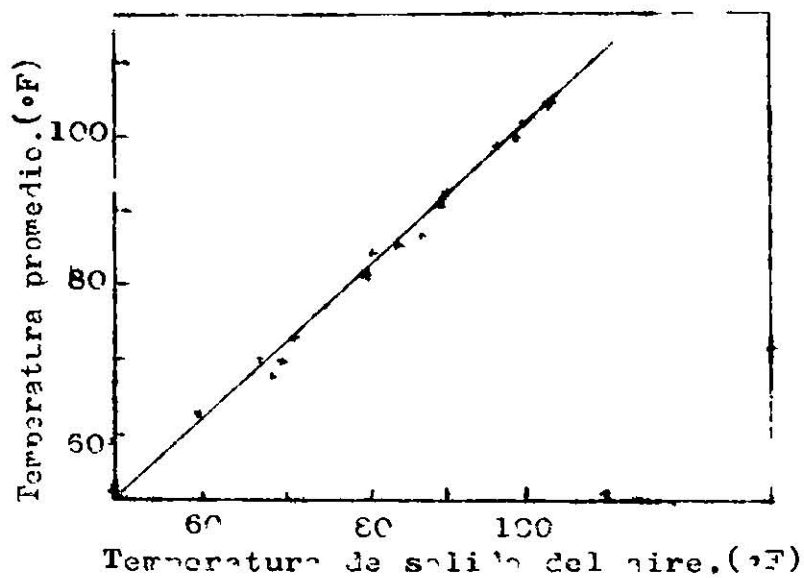


Figura 14. Temperatura de salida del aire.

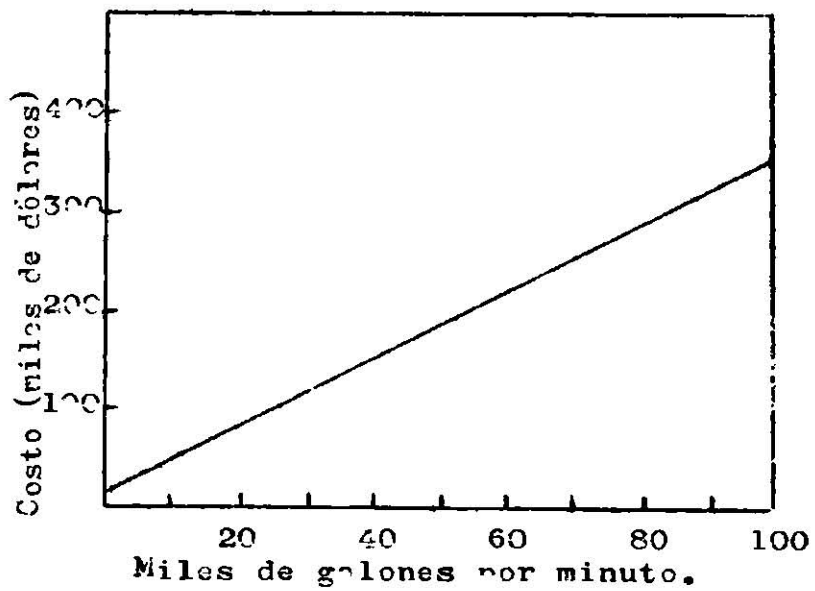


Figura 15. Costo de torres de enfriamiento.

Sean :

$T_{1H}$  = Temperatura de bulbo húmedo.

$A$  = Aproximación a temperatura de bulbo húmedo.

$\Delta t$  = Enfriamiento.

$T_1$  = Temperatura de entrada del agua.

$T_2$  = Temperatura de salida del agua.

$T_3$  = Temperatura de salida del aire.

se tiene :

$$T_3 = \frac{T_1 + T_2}{2}$$

pero,

$$T_1 = T_{1H} + A + \Delta t$$

$$T_2 = T_{1H} + A$$

por tanto

$$T_3 = \frac{T_{1H} + A + T_{1H} + A + \Delta t}{2}$$

$$T_3 = T_{1H} + A + \Delta t / 2$$

- E) Si se conocen las condiciones del aire y del agua a la entrada y a la salida, por medio de un balance de calor puede determinarse el flujo de aire a través de la torre:

Sean :

$H_1$  = Entalpía del aire a la entrada.

$H_2$  = Entalpía del aire a la salida.

$G$  = Gasto masa de aire.

$L$  = Gasto masa de agua.



$V_G$  = Gasto volumétrico de aire.

$C_p$  = Calor específico del agua.

$\rho_{Aq}$  = Masa específica del agua.

$\rho_{Ai}$  = Masa específica del aire.

$V_L$  = Gasto volumétrico del agua.

entonces :

$$Q = L c_p \Delta t$$

$$Q = G (H_2 - H_1)$$

pero :

$$L = \rho_{Aq} V_L$$

$$G = \rho_{Ai} V_G$$

$$\rho_{Aq} V_L c_p \Delta t = \rho_{Ai} V_G (H_2 - H_1)$$

Por lo que

$$V_G = \frac{\rho_{Aq} V_L c_p \Delta t}{\rho_{Ai} (H_2 - H_1)}$$

Las entalpías del aire a la entrada y a la salida, así como la masa específica del aire a la salida pueden obtenerse de la carta - psicrométrica, o mediante ecuaciones como la de Clausius-Clapeyron, la ley general del estado gaseoso, etc. ( 5 ), ( 6 ), ( 7 ).

F) La potencia total requerida para la operación de la torre se calcula por medio de la familia de curvas de la Figura 12 y de la curva de corrección de la Figura 13, y a partir de la aproximación, el enfriamiento, la razón de circulación y la temperatura de bulbo húmedo.

Se ha determinado experimentalmente que se requiere un caballo de potencia por cada 8,000 pies cúbicos por minuto de aire que pase a través de los ventiladores y la potencia requerida para la operación de

ios mismos puede estimarse tomando en cuenta este hecho.

La potencia necesaria para el bombeo es la diferencia entre la potencia total y la requerida por los ventiladores.

#### 2.3.4.- Temperatura de bulbo húmedo de diseño :

La temperatura de bulbo húmedo utilizada en el diseño debe calcularse cuidadosamente, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas del lugar.

Considerando los meses de verano: junio, julio, agosto y septiembre, se han registrado datos de las temperaturas de bulbo húmedo de distintos lugares de la República Mexicana, los cuales se presentan en la tabla 1 ( 1 ).

Los valores de frecuencia indicados en el encabezado de esta tabla - se refieren al porcentaje del tiempo de verano durante el cual es - probable que se presenten las temperaturas indicadas abajo.

Se considera un punto alto de diseño aquél que utiliza una temperatura de bulbo húmedo correspondiente a la frecuencia de 1%.

Un diseño con temperatura de bulbo húmedo correspondiente a una frecuencia del 5% se considera un punto moderado de diseño.

Una temperatura de diseño correspondiente a una frecuencia mayor del 15% expondría el equipo a trabajar durante largos períodos de tiempo, bajo condiciones más severas que las que sirvieron de base para su diseño.

T A B L A 1

## T E M P E R A T U R A D E B U L B O H U M E D O D E D I S E Ñ O .

LUGAR	FRECUENCIA			
	1%	5%	15 %	50 %
Aguascalientes	71.6	67.1	64.6	60.7
Chihuahua	74.6	69.2	65.7	62.3
Guadalajara	68.3	65.9	63.6	60.3
Hermosillo	82.1	78.4	75.7	72.0
Mérida	79.7	78.3	77.1	75.0
México	60.5	58.7	57.3	54.4
Monterrey	81.0	78.6	75.9	71.6
Tampico	83.7	81.3	79.3	77.2
Torreón	78.2	73.5	70.5	66.5
Zacatecas	59.4	56.4	53.8	50.4

2 . 4 . - C A L C U L O D E C O S T O D E T O R R E S D E  
E N F R I A M I E N T O . ( 8 )

El costo inicial de una torre de enfriamiento instalada puede estimarse de la Figura 15 ( 2 ). Mediante dicha estimación pueden calcularse los costos anuales de depreciación, seguros y mantenimiento, aplicando un factor adecuado para cargos fijos.

Los costos anuales de energía pueden determinarse fácilmente a partir de la energía total consumida por la torre ( sistemas de bombeo y ventilación ) y del tiempo de operación anual de la misma, de donde, la suma de cargos fijos y costos anuales de energía es el costo total - anual de la torre.

## CAPÍTULO 3 .

## TEORIA SOBRE COMPUTADORAS . ( 10 )

## 3 . 1 . - INTRODUCCION .

El proceso de datos es una sucesión de pasos que pueden incluir operaciones aritméticas y se ponen en marcha con el fin de obtener un resultado deseado a partir de una información dada.

Cada uno de estos pasos se ejecuta de acuerdo con reglas muy precisas y estrictas.

Los procedimientos y artificios que se usan son lo que constituye un sistema de proceso de datos. Recientemente el término "proceso de datos" se ha ido substituyendo por el de cómputo o computación.

## 3 . 2 . - COMPUTADORAS .

Las máquinas que se emplean en el proceso de datos se denominan "Computadoras" y generalmente pueden clasificarse en analógicas y digitales.

Las computadoras analógicas se caracterizan porque en ellas se verifican fenómenos físicos y se representan los valores de las variables del problema a resolver por los de otras tales como intensidad de corriente, voltage, etc., de los cuales dependen los fenómenos físicos que están teniendo lugar. Tales magnitudes deben ser facilmente medibles y controlables.

Los datos se suministran a la máquina fijando los valores iniciales de algunas de las magnitudes físicas y el procedimiento de solución -

por la forma de controlar las variaciones que provocan unas magnitudes en el valor de otras. Los resultados se obtienen midiendo también magnitudes físicas.

### 3 . 3 . - C O M P U T A D O R A S D I G I T A L E S .

Las computadoras digitales almacenan los números que corresponden a los valores de las variables del problema y los que expresan en clave el procedimiento de solución.

Son partes esenciales de ellas los siguientes mecanismos o unidades no necesariamente compactos.

#### 3.3.1.- Entrada y Salida :

Es indispensable que todo sistema de proceso de datos sea capaz de recibir, en alguna forma, la información con que va a trabajar y es no menos importante que tenga posibilidad de dar información sobre sus resultados,

Las computadoras digitales poseen, en general, unidades de entrada y salida, por medio de las cuales se puede introducir o extraer información en diversas formas, por ejemplo; grabada en cinta magnética, escrita en una hoja de papel o perforada en tarjetas.

Mientras que la información que se suministra a la máquina debe estar codificada en forma muy especial, al menos en parte, los resultados que se obtienen de un problema pueden ser expresados en forma clara y elegante.

#### 3.3.2.- Memoria :

Cada instrucción que se ejecuta en la máquina, así como cada dato - que se usa, necesita haber sido almacenado en ella antes de ser procesado.

La capacidad de la computadora para almacenar información es limitada y se conoce como "memoria". Las computadoras digitales son capaces de recibir información en su memoria, retenerla y mantenerla disponible. Esto es posible porque cada posición de memoria está numerada precisamente con el fin de que su contenido pueda ser rápidamente localizado.

El almacenamiento de un carácter en una posición de memoria se realiza fijando, en forma especial, el estado físico de uno o varios indicadores llamados "bits de memoria", y es por esto que al almacenar otro carácter en la misma posición, la nueva información substituye a la antigua, quedando esta última borrada.

Sin embargo, al consultar el contenido de una posición de memoria no se modifican sus bits y el dato correspondiente no sufre alteración alguna.

Un dato importante relacionado con una máquina digital es su "tiempo de acceso" que es el tiempo necesario para localizar una posición de memoria y almacenar o extraer información de ella.

### 3.3.3.- Control :

El mecanismo de control actúa, por una parte, sobre la memoria, capacitando a la máquina para verificar operaciones aritméticas, transferencias del contenido de unas posiciones de memoria a otras y comparaciones y, por otra parte, es capaz de poner en marcha en el momento adecuado otros mecanismos como la unidad de entrada y de salida.

El mecanismo de control hace que la máquina sea capaz de tomar decisiones lógicas basadas en los resultados de comparaciones, o en el contenido de algunas posiciones de su memoria.

Una computadora puede tomar decisiones mucho más complejas, aunque del mismo tipo, que la que se toma en el termostato de un calentador de agua en el cual, en cada instante, un mecanismo automático "decide" si debe seguir calentándose el agua o no.

La complejidad consiste en que la computadora puede tomar muchas decisiones distintas durante el proceso y cada una de estas decisiones permite a la máquina determinar la forma en que debe continuar sus cálculos.

Esta característica permite que el sistema trabaje de acuerdo con el procedimiento previamente diseñado por el programador.

Cada computadora es capaz de ejecutar solamente un determinado número de operaciones específicas. Cada instrucción determina cual de las operaciones posibles se va a ejecutar e identifica los datos o mecanismos que se necesitan para llevarla a cabo. Las series de instrucciones que se requieren para llevar a cabo en forma completa un determinado proceso, reciben el nombre de programa.

### 3 . 4 . - P R O G R A M A

Antes de resolver un problema complejo en la computadora es necesario analizarlo para convertirlo en una serie de instrucciones básicas de la máquina, codificadas de tal manera que puedan ser interpretadas por ésta. Todas estas instrucciones constituyen un programa que debe almacenarse en la memoria para poder resolver y terminar el problema planteado.



Una de las características que hacen más útiles a las computadoras es su capacidad de ejecutar las mismas instrucciones muchas veces, verificando en forma cíclica los cálculos que son similares.

3 . 5 . - LENGUAJE SIMBOLICO .

La clave de cada instrucción puede interpretarse como un símbolo de ella y el hacer programas combinando símbolos, equivale al uso de un lenguaje simbólico con el cual el hombre puede comunicarse con la computadora, ordenándole que resuelva el problema que él desea.

3 . 6 . - SUPERLENGUAJES . .

Sin embargo, el uso de lenguajes simbólicos es sumamente tedioso, puesto que cada instrucción simbólica corresponde en general a una sola instrucción básica de la máquina, lo cual obliga al programador a diseñar con excesivo detalle cada programa.

Para resolver este problema, resulta conveniente diseñar símbolos más generales que correspondan a bloques de instrucciones de uso frecuente y que permiten al programador usar éstas "macro-instrucciones" o estatutos, en forma mucho más simple que la de un lenguaje simbólico.

Con esta idea como base, se han creado los llamado superlenguajes, entre los que pueden citarse: ALGOL, FORTRAN, MAD, FORGO, etc., cada uno de los cuales es todo un sistema lógico en el que se define cierto número de estatutos, que son interpretados y "traducidos" al lenguaje básico de la máquina por un programa escrito en éste último, o en lenguaje simbólico.

Dicho programa recibe generalmente el nombre de "compilador" y la traducción hecha por él se denomina programa objeto.

C A P I T U L O 4 .

P R O G R A M A S U T I L I Z A D O S

4 . 1 . - P R O C E D I M I E N T O S E G U I D O E N L A  
C O N S U L T A D E G R A F I C A S .

4.1.1.- Determinación del factor de relación para el cálculo del volumen de la Torre.

Las gráficas utilizadas (descritas en la sección 2.3.2 a), se dividieron en tres secciones correspondientes a distintos intervalos de valores de enfriamiento (5 a 15, 15 a 30 y 30 a 50 °F). Se determinaron las pendientes y ordenadas iniciales de cada una de las curvas de la familia y se graficaron contra la aproximación (que es el parámetro de dicha familia de curvas), ajustando la gráfica así obtenida a una línea quebrada entre los puntos correspondientes a las aproximaciones de 5, 6, 8, 10, 14, 18, 22, 26 y 30 °F. Este procedimiento se siguió con cada una de las familias de curvas (correspondientes a temperaturas de bulbo húmedo de 60, 70 y 80 °F).

Durante la ejecución del programa se selecciona inicialmente la sección que se va a utilizar y se calcula luego la pendiente y ordenada inicial del tramo de curva correspondiente. Dicho cálculo se realiza obteniendo un valor inicial por extrapolación del primer tramo de la línea quebrada y corrigiendo luego dicho valor tantas veces como se requiera hasta que se esté utilizando el tramo adecuado.

En esta forma se calculan la pendiente y ordenada inicial para las -

tres familias de curvas (60, 70 y 80 °F) y se interpola luego convenientemente para obtener finalmente una pendiente y ordenada inicial equivalente a todas las gráficas. Con estos valores se calcula el factor de relación mediante una ecuación de la forma :

$$F_r = F_{r0} \left( \frac{\Delta t}{\Delta t_0} \right)^n$$

donde :

$F_r$  = Factor de relación.

$F_{r0}$  = Ordenada inicial calculada.

$\Delta t$  = Enfriamiento.

$\Delta t_0$  = Valor inicial del enfriamiento (5, 15 ó 30 °F).

$n$  = Pendiente calculada.

Se utiliza una ecuación exponencial, porque los datos están graficados en papel logarítmico.

#### 4.1.2.- Cálculo del factor de área.

Para el cálculo de este factor se utilizan las gráficas descritas en la sección 2.3.2 b, en la siguiente forma :

Las gráficas se dividieron en dos secciones correspondientes a los intervalos de enfriamiento de 10 a 20 y de 20 a 35 y se siguió un proceso similar al mencionado en la sección anterior, sólo que se consideró un polígono con vértices en los puntos correspondientes a 5, 10, 15, 20 y 30 °F de aproximación. Los valores correspondientes a 30 °F de aproximación se estimaron por extrapolación de los anteriores, ya que no aparecen en las gráficas. La ecuación utilizada en este caso es de la forma :

$$F_A = F_{AO} + m(\Delta t - \Delta t_0)$$

donde :

$F_A$  = Factor de área.

$F_{AO}$  = Ordenada inicial calculada.

$\Delta t$  = Enfriamiento.

$\Delta t_0$  = Enfriamiento inicial correspondiente (10 ó 20 °F)

$m$  = Pendiente calculada.

Si el valor del enfriamiento es menor que 10°F, o mayor que 35°F (que no aparecen en las gráficas), la ecuación utilizada extrapola linealmente utilizando las secciones de 10 a 20 °F, ó de 20 a 35 °F.

La determinación de estos factores de área se hace para diseño de - carga baja y carga media, seleccionando posteriormente el diseño adecuado.

#### 4.1.3.- Cálculo del factor de potencia.

El procedimiento utilizado es similar al de la sección anterior, con la diferencia de que se tiene únicamente una familia de curvas; no - es necesario llevar al cabo una interpolación final. En este caso - las curvas se han dividido en tres secciones.

El factor de potencia, calculado en esta forma, se corrige mediante un factor de corrección. Este factor de corrección se determina en función de la temperatura de bulbo húmedo, dividiendo la gráfica correspondiente en dos secciones que se consideran líneas rectas.

## 4.2. - FINALIDAD Y MANEJO DE LOS PROGRAMAS .

### 4.2.1.- Programa de diseño :

Este programa tiene por objeto realizar una serie de diseños, variando dos de los datos de diseño: Aproximación y enfriamiento.

Para la ejecución del programa de diseño se siguen los siguientes pasos:

- a) Se carga el programa objeto.
- b) Se cargan las subrutinas de UTO FORTRAN.
- c) Se cargan los coeficientes de las matrices necesarias para la consulta de las gráficas.
- d) Se cargan los datos en la siguiente forma:
  - 1a. tarjeta : Temperatura de bulbo húmedo de diseño en °F y carga térmica en miles de B.t.u. por hora.
  - 2a. tarjeta : Valor inicial del enfriamiento en °F incremento del enfriamiento en °F y valor final del enfriamiento en °F.
  - 3a. tarjeta : Valor inicial de la aproximación en °F, incremento de la aproximación en °F y valor final de la aproximación en °F.

Todos estos datos se colocan en el orden indicado y con punto decimal.

d) La máquina empezará a perforar los resultados de cada diseño y después del último escribirá en la máquina de escribir STOP ~~001~~.

### 4.2.2. - Programa de cálculo de costo :

La finalidad de este programa es la de estimar el costo de operación anual de cada uno de los diseños del programa anterior y graficar el costo vs. el enfriamiento, produciendo una gráfica distinta para cada valor de la aproximación.

Para la ejecución del programa debe utilizarse el siguiente procedimiento:

- a) Se carga el programa objeto.
- b) Se cargan las subrutinas de UTO FORTRAN.
- c) Se cargan los siguientes datos en una sola tarjeta escritos con punto decimal.

Índice de precios con base en 1950.

Fracción de cargos fijos (Depreciación, seguros y mantenimiento).

Costo de la energía eléctrica en pesos por Kwh.

Días anuales de operación.

- d) La máquina de escribir escribirá PAUSE 0001 y se detendrá la -  
computadora. Esto permite colocar una hoja limpia en la máquina  
de escribir.
- e) Se oprime START.
- f) Se cargan los resultados del programa de diseño.
- g) La máquina de escribir imprimirá la gráfica correspondiente y -  
finalmente escribirá PAUSE 0001 .

Esto permite cambiar la hoja de la máquina de escribir.

- h) Se oprime START y se repite el paso g.
- i) Después de escribir la última gráfica, la máquina escribirá -  
STOP 0000 .

Si se oprime START se escribirá END.

#### 4 . 3 . - O R G A N I Z A C I O N D E L O S P R O G R A M A S .

##### 4.3.1.- Programa de diseño.

El programa de diseño trabaja en la siguiente forma:

- a) Se leen inicialmente los coeficientes de tres matrices que se utilizarán posteriormente en la consulta de gráficas.
- b) Se leen los datos propiamente dichos del programa, que son:
  - TBH = Temperatura de bulbo húmedo ( °F ),
  - CT = Carga térmica ( B.t.u. / hora X  $10^{-3}$  ),
  - KI = Enfriamiento inicial.
  - AIN = Incremento del enfriamiento.
  - RFIN= Enfriamiento final.
  - AI = Aproximación inicial.
  - AIN = Incremento de la aproximación.
  - AFIN= Aproximación final.
- c) Se calculan algunas variables enteras y de punto flotante que no es necesario volver a calcular para cada diseño por depender únicamente de la temperatura de bulbo húmedo.
- d) Se hace  $A = AI - AIN$ .
- e) Se aumenta en AIN el valor de la aproximación A .
- f) Se determinan los valores de variables enteras y de punto flotante que no tienen que volver a calcularse para cada nuevo valor de aproximación.

- g) Se hace el enfriamiento igual a  $R_I - R_{IN}$ .
- h) Se incrementa el enfriamiento  $R_{INGO}$ , en  $R_{IN}$ .
- i) Se calculan los valores de las variables de punto fijo y flotante que pueden calcularse sin ayuda de las gráficas o que es necesario calcular antes de consultar éstas.
- j) Se calcula el volumen de la torre en la forma descrita en 4.1.1. y 2.3.3.B
- k) Se calculan el área y altura de la torre como se indica en 2.3.3.C y 4.1.2.
- l) Se calcula la potencia total consumida por la torre como se indica en 2.3.3. F y 4.1.3.
- m) Se perforan los resultados calculados.
- n) Si el valor del enfriamiento es menor que el valor final, se regresa al paso h.
- o) Si el valor de la aproximación es menor que el valor final, se regresa al paso e.
- p) Se detiene ( STOP ).

#### 4.3.2.- Programa de cálculo de costo.

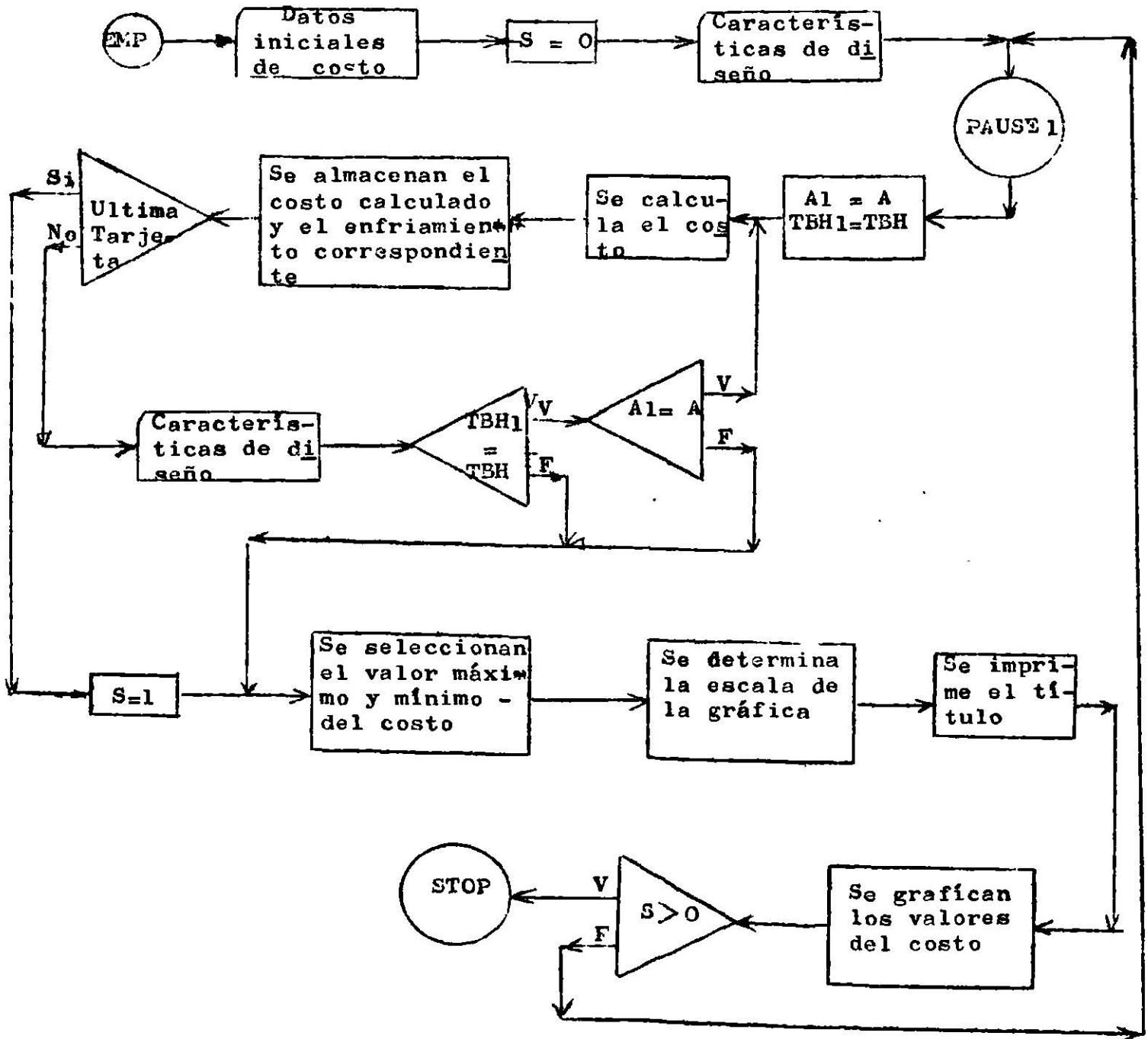
Un resumen del algoritmo utilizado por este programa, es el siguiente:

- 1.- Se leen los datos iniciales (Índice de precios, fracción de - cargos fijos, costo de energía eléctrica y días de operación).
- 2.- Se lee la primera tarjeta de datos de diseño (resultados del programa anterior).



- 3.- Se almacenan los datos de temperatura de bulbo húmedo y aproximación.
- 4).- Se calcula el costo de operación correspondiente y se almacena junto con el valor de enfriamiento.
- 5.- Si no hay más tarjetas en la lectora, se sigue en el paso 7.
- 6.- Se lee una nueva tarjeta y se comparan los valores de temperatura de bulbo húmedo y aproximación con los de la tarjeta anterior. Si ambos son iguales, se sigue en 4. En caso contrario, se sigue en 8.
- 7.- Se hace  $S = 1$  (con el fin de conocer que es la última gráfica la que se va a hacer).
- 8.- Se determinan los valores mínimo y máximo del costo entre los obtenidos.
- 9.- Se imprime el encabezado de la gráfica.
- 10.-Se grafican los valores de costo, imprimiendo en el mismo renglón el valor del enfriamiento y el del costo, ajustando la escala de modo que el intervalo comprendido entre el valor mínimo y el valor máximo del costo corresponda al ancho de la gráfica.
- 11.-Si  $S$  es menor o igual que cero, se regresa al paso 3.
- 12.-Se detiene ( STOP ).

Diagrama de bloques del programa de cálculo de costo



4. 4. - LISTADO DE LOS PROGRAMAS .

4.4.1.- Programa de diseño.

```

DIMENSION Y(18,9),X(12,10),E(12),Z(6,6)
DO 30 I=1,18
DO 30 J=1,9
30 READ 60,Y(I,J)
DO 2 I=1,12
DO 2 J=1,10
2 READ 60,X(I,J)
60 FORMAT(F10.3)
DO 8 I=1,6
DO 8 J=1,6
8 READ 60,Z(I,J)
READ 50,TBH,CT,RI,RIN,RFIN,AI,AIN,AFIN
JTBH=.1+TBH/70.
DTBH=50+JTBH*10
OTBH=TBH-OTBH
DIB=OTBH*.1
FC=1.3-.032*(TBH-60.)+.00014*(TBH-70.)*(TBH+30.+1.E+09-1.E+09)
PE = EXPF(14.211-9496./(TBH+460.))
YE=PE/(1.-PE)
HE=(0.24+0.28*YE)*(TBH-32.)+669.*YE
A=AI-AIN
5 A=A+AIN
I=A
IJ=2+(I-5)/2-(I-9)/4
JA=1+1/5-1/30
I=1+1/5-1/25-1/30
RANGO=RI-RIN
15 RANGO=RANGO+RIN
GASTO=CT/RANGO*1993.
JRANG=RANGO
JRAJ=(JRANG+30)/50*5
RAN=10+JRAJ*2
PKP=RANGO-RAN
JR=1+(JRANG-5)/10-JRANG/35-JRANG/45
JRANG=(JRANG/15-JRANG/45)*6
RANG=5+JRANG/6*10+JRANG/12*5
RC=5+JR/2*10+JR/3*10
TS=TBH+A+RANGO/2.
PS = EXPF(14.211-9496./(TS+460.))
YS=PS/(1.-PS)
HS=(0.24+0.28*YS)*(TS-32.)+669.*YS
G=GASTO/(HS+E)*RANGJ*6.33
V=G*.02525*(TS+460.)*(1.+YS)
HP1=V/8000.
DO 31 J=1,6
Y=J+JRANG
31 E(J)=Y(Y,1)
DO 32 J=1,6
JJ=J+JRANG
DO 32 K=2,1J
B=2/K+K*2+K/6*(K-5)*2
32 F(J)=E(J)+Y(JJ,K)*(A-B)

```

```

PEND=E(JTBH)+(E(JTBH+1)-E(JTBH))*DTB
ORD =E(JTBH+3)+(E(JTBH+4)-E(JTBH+3))*DTB
RF =ORD*(RANGO/RANG)**PEND
VOL=GASTO*RF*5.714286
VOLI=VOL*100./GASTO
DO 3 J=1,12
3 E(J)=X(J,JRAN+1)
DO 4 J=1,12
DO 4 JJ=2,1
B=5*(JJ-1)
IJJ=JJ+JRAN
4 E(J)=E(IJJ)+X(J,IJJ)*(A-B)
DO 6 J=1,4
IJJ=JTBH+(J-1)*3
6 E(J)=E(IJJ)+(E(IJJ+1)-E(IJJ))*DTB
CH=E(4)+FKP*F(2)
CB=E(3)+FKP*E(1)
ALTM=VOLI/CM
ALTB=VOLI/CB
IF(ALTM+ALTB-49.) 13,13,14
13 ALT =ALTB
GO TO 16
14 ALT =ALTM
16 AREA=VOL/ALT
P=Z(JR,1)
OR=Z(JR+3,1)
DO 1 N=2,JA
B=5*(N-1)
P=P+Z(JR,N)*(A-B)
1 OR=OP+Z(JR+3,N)*(A-B)
HPT=(P*0.1*(RANGO-RO)+OR)*GASTO*FC*.001
HP2=HPT-HP1
PUNCH 53,TB4,A,RANGO,VOL,AREA,ALT,GASTO,V_HPT,HP1,HP2
IF(RANGO-RFIN)15,10,10
10 IF(A-AFIN)5,20,20
20 STOP 1
50 FORMAT(2F10.3/3F10.3/3F10.3 )
52 FORMAT(3F5.1,FC.0,F7.0,F5.1,F7.0,F9.0,3F6.1)
END

```

## COEFICIENTE PARA EL CALCULO DEL FACTOR DE RELACION

.90000000	.03725000	4.30000000	-.00300000
.70200000	.01350000	-.80000000	-.00175000
.01200000	.00850000	.35500000	-.01200000
-.500000	.00375000	.16500000	.01075000
-.00850000	.00125000	.12000000	-.00725000
.00975000	.80000000	.07250000	.57700000
-.00725000	-.12000000	.02500000	.00300000
-.00000000	.04100000	.02375000	-.01450000
-.00000000	.03600000	.01125000	.00650000
.93900000	.01250000	2.95000000	-.01000000
.00100000	.01500000	-.46000000	.01000000
-.00300000	.00375000	.15500000	-.00475000
.00300000	.00325000	.10000000	.00950000
-.00750000	.00225000	.10000000	-.00575000
.00150000	.77300000	.04250000	7.35000000
-.00250000	.02700000	.02425000	-1.25000000
-.00200000	-.01800000	.01000000	.50000000
.00525000	.00200000	.00725000	.28500000
.86000000	-.00850000	2.05000000	.18250000
-.01300000	-.00250000	-.32000000	.12500000
.02000000	.00500000	.13500000	.05000000
-.01500000	-.00475000	.06500000	.03750000
.00750000	-.00250000	.04450000	.01750000
-.01000000	.77100000	.02900000	5.05000000
.00750000	.01700000	.01725000	-.75000000
-.00000000	-.00450000	.00800000	.25000000
.00500000	.00600000	.00750000	.17500000
1.60000000	-.01925000	.64800000	.13500000
-.20000000	-.00125000	.07200000	.07500000
.12000000	-.00025000	-.06300000	.04500000
-.07250000	-.00825000	.00050000	.01325000
.05000000	.01150000	-.01875000	.02100000
.02250000	.68700000	.01625000	3.30000000
.01500000	.01500000	.00100000	-.48000000
.00675000	-.00260000	-.01000000	.16000000
.00400000	.01000000	-.00175000	.11500000
.99500000	.01500000	.56200000	.09125000
-.15800000	-.00250000	.03100000	.04000000
.05950000	-.00325000	-.01700000	.00625000
.02700000	-.00225000	-.00500000	.00125000
	-.00575000		.01250000

## COEFICIENTE PARA EL CALCULO DEL FACTOR DE AREA

31.00000000	17.00000000	370.00000000
-1.80000000	-1.00000000	-34.00000000
.20000000	.20000000	22.00000000
1.00000000	.80000000	6.00000000
.20000000	.00000000	3.00000000
23.30000000	11.00000000	520.00000000
-1.90000000	-1.00000000	-42.00000000
.10000000	.60000000	24.00000000
1.80000000	.00000000	4.00000000
.20000000	.30000000	7.00000000
25.20000000	12.00000000	560.00000000
-2.20000000	-.80000000	-48.00000000
1.20000000	.60000000	30.00000000
.80000000	-.20000000	2.00000000
.10000000	.20000000	9.00000000
19.30000000	6.00000000	870.00000000
-2.50000000	-.30000000	-80.00000000
2.10000000	-.10000000	56.00000000
.10000000	.20000000	8.00000000
.20000000	.10000000	5.00000000
15.20000000	690.00000000	420.00000000
-1.20000000	-64.00000000	-34.00000000
1.20000000	46.00000000	20.00000000
-.30000000	.00000000	2.00000000
.30000000	8.00000000	7.00000000
8.00000000	1100.00000000	590.00000000
-.40000000	-108.00000000	-44.00000000
-.10000000	80.00000000	22.00000000
.30000000	4.00000000	10.00000000
.10000000	8.00000000	6.00000000
31.00000000	510.00000000	320.00000000
-3.20000000	-46.00000000	-30.00000000
2.00000000	30.00000000	20.00000000
.60000000	4.00000000	4.00000000
.00000000	5.00000000	3.00000000
25.30000000	760.00000000	440.00000000
-3.20000000	-68.00000000	-50.00000000
2.20000000	42.00000000	20.00000000
.40000000	12.00000000	2.00000000
.20000000	7.00000000	5.00000000



## COEFICIENTE PARA EL CALCULO DEL FACTOR DE POTENCIA

6.80000000  
-.36000000  
.36000000  
-.16000000  
.14000000  
.00000000  
3.80000000  
-.24000000  
.12000000  
.12000000  
-.05000000  
.04000000  
2.00000000  
-.15000000  
.15000000  
.00000000  
.00000000  
.00000000  
21.80000000  
-.76000000  
-.12000000  
.20000000  
.26000000  
.24000000  
28.60000000  
-1.32000000  
.44000000  
.38000000  
.40000000  
.24000000  
32.40000000  
-1.56000000  
.56000000  
.22000000  
.30000000  
.30000000

4.1.2.- Programa de cálculo de costo.

```

DIMENSION RAN(100), COP(100)
READ 50, SYM, CF, CE, DOP
S=0
READ 53, TBH, A, RANGO, VOL, AREA, ALT, GASTO, V, HPT, HP1, HP2
20 PAUSE 1
  I=0
  A1=A
  TBH1=TBH
  CT=RANGO*GASTO/1.993
13 I=I+1
  C=SYM*(3.4*GASTO+15000.)*12.5
  RAN(I)=RANGO
  COP(I)=C*CF+CE*DOP*HPT*17.89344
  IF (SENSE SWITCH 9) 11, 10
10 READ 53, TBH, A, RANGO, VOL, AREA, ALT, GASTO, V, HPT, HP1, HP2
  IF (TBH-TBH1) 12, 14, 12
14 IF (A-A1) 12, 13, 12
11 S=I
12 VMIN=COP(I)
  VMAX=COP(I)
  DO 18 J=1, I
  IF (COP(J)-VMAX) 15, 15, 16
16 VMAX=COP(J)
15 IF (COP(J)-VMIN) 17, 18, 18
17 VMIN=COP(J)
18 CONTINUE
  DIF=(VMAX-VMIN)/44.
  PRINT 60
  PRINT 61
  PRINT 611, CT
  PRINT 62, TBH1
  PRINT 63, A1
  PRINT 64
  PRINT 65, VMIN, VMAX
  PRINT 66
  PRINT 67
  DO 5 J=1, I
  PRINT 68 RAN(J), COP(J)
5 X=PLUTF((COP(J)-VMIN)/DIF+1.)
  IF (S) 20, 20, 21
21 STOP
50 FORMAT(4F10.2)
53 FORMAT(3F5.1, F3.0, F7.0, F5.1, F7.0, F9.0, 3F6.1)
60 FORMAT(12X, 31H(COSTO DE TORRES DE ENTRIAMIENTO/))
61 FORMAT(24X, 33HGRAFICA DE COSTO VS. EFRIAMIENTO, //)
611 FORMAT(5X, 15H(CALOR TERMICO =, F9.0, 9H PTU/HORA, //)
62 FORMAT(5X, 23H(TMP. DE BULBO HUMIDO =, F5.1, 5H G.F. //)
63 FORMAT(5X, 12H(APROXIMACION =, F5.1, 5H G.F. //))
64 FORMAT(5X, 13H(ENF. COSTO, 4X, 6H(MINIMO, 38X, 6H(MAXIMO))
65 FORMAT(13X, 5H(ANUAL, F10.2, 3X, F10.2)
66 FORMAT(4X, 6H(G.F.), 4X, 5H(S), 4X, 1H*, 43X, 1H*)
67 FORMAT(23X, 1H*, 42X, 1H*)
68 FORMAT(F9.1, F11.1, 3X)
END

```

## RESULTADOS OBTENIDOS.

Los programas fueron ejecutados con los siguientes datos de prueba:

## Programa de diseño :

Temperatura de bulbo húmedo = 70 °F  
Carga térmica = 200000 B.t.u. / hora  
Enfriamiento inicial = 10 °F  
Incremento del enfriamiento = 2 °F  
Enfriamiento final = 50 °F  
Aproximación inicial = 6 °F  
Incremento de la aproximación = 2 °F  
Aproximación final = 30 °F

## Programa de cálculo de costo :

Indice de precios 2.42  
Cargos fijos 0.1343  
Costo de energía 0.15 \$ / Kw. h  
Días de operación 350 días / año.

En esta forma se obtuvieron 273 diseños distintos con el primer programa, los cuales formaron también parte de los datos del segundo programa.

En las siguientes hojas se muestran listados de los resultados del primer programa junto con el correspondiente resultado del segundo programa.

Los resultados listados son como sigue, por columnas :

TBH Temperatura de bulbo húmedo (°F)

APR Aproximación ( °F )

ENF	Enfriamiento ( °F )
VOLUMEN	Volumen de la torre ( pies <sup>3</sup> )
AREA	Area de la torre ( pies <sup>2</sup> )
ALT	Altura de la torre ( pies )
VL.	Razón de circulación ( galones / min. )
VG.	Gasto volumétrico de aire ( pies <sup>3</sup> / min )
HPT.	Potencia total consumida ( HP )
HP1.	Potencia de los abanicos ( HP )
HP2.	Potencia de las bombas ( HP )

Los datos para el programa de cálculo de costo se estimaron tomando en cuenta los datos reales de costo de una torre de enfriamiento de 5640 galones por minuto como razón de circulación que son los siguientes ( 13 ).

Costo inicial :

Estructura	\$ 290,000.00
2 Abanicos	100,000.00
2 Reductores de velocidad	101,400.00
2 Bombas de agua	454,000.00
2 Motores para abanicos	38,000.00
Instalación de la estructura	50,000.00
Total :	\$ 1'033,400.00

Mantenimiento:

Costo anual	70,000.00 \$/año
-------------	------------------

Si se calcula el costo de una torre de 5,640 galones por minuto mediante la fórmula incluida en el programa, sin aplicar el índice de precios, se tendrá :

$$C = ( 3.4 \times 5,640 + 15,000 ) 12.5$$

$$C = 427\,190$$

De donde para actualizar el costo, el índice de precios deberá ser:

$$\text{Índice de precios} = \frac{1\,033\,400}{427\,190} = 2.42$$

Los cargos fijos se estimaron tomando en cuenta una depreciación lineal en quince años y añadiendo un porcentaje del costo para mantenimiento :

$$CF = \frac{1}{15} + \frac{70\,000}{1\,033\,400} = 0.1343$$

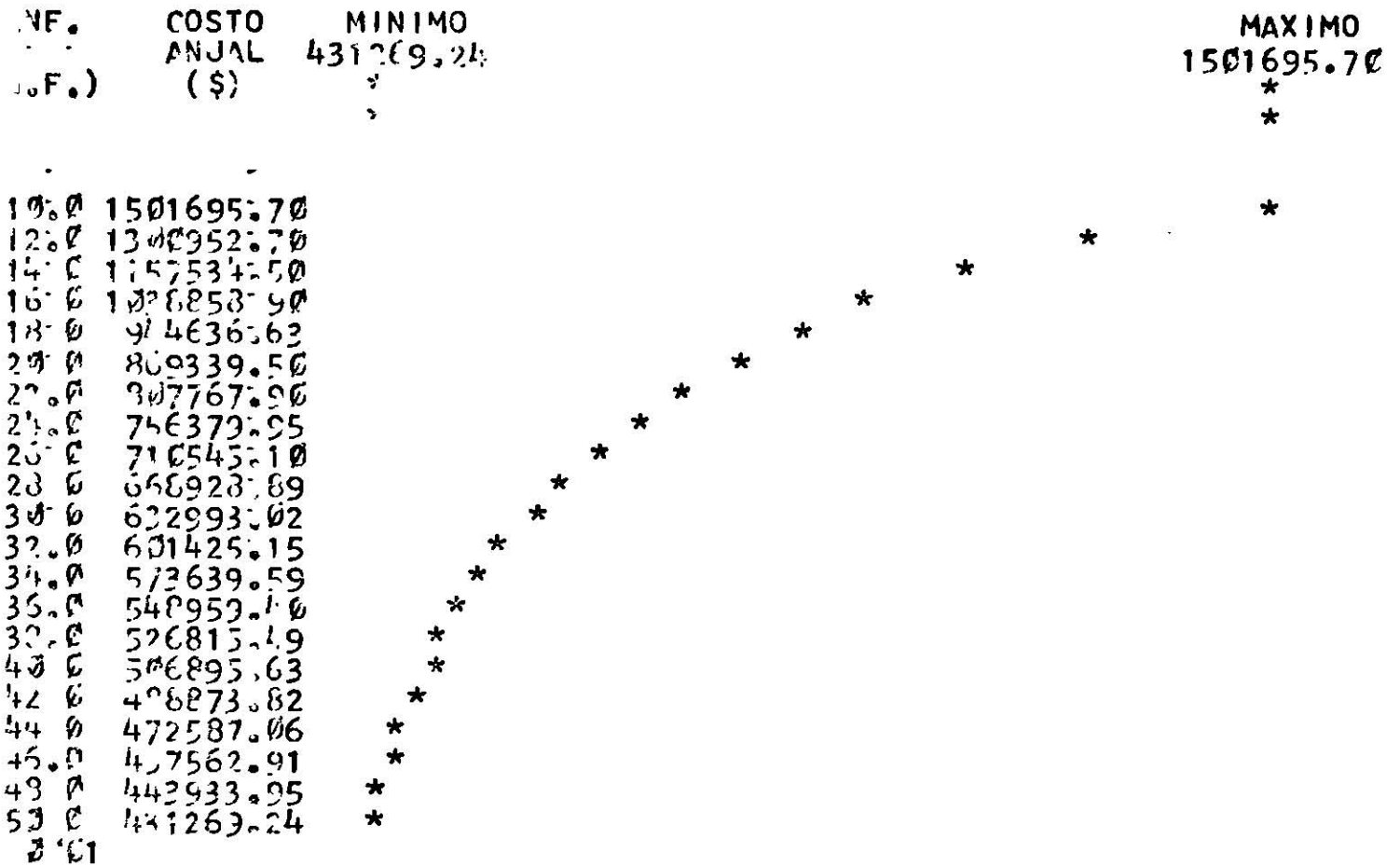
Los costos de energía se estimaron en \$ 0.15 el kilowat-hora y el tiempo de operación en 350 días anuales.

## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	6.0	10.0	378655.	26421.	14.3	39860.	4454776.	947.6	556.8	390.8
70.0	6.0	12.0	377965.	24181.	15.6	33216.	4044582.	831.6	505.5	326.0
70.0	6.0	14.0	377383.	22581.	16.7	28471.	3697584.	748.7	462.1	286.5
70.0	6.0	16.0	372962.	21382.	17.4	24912.	3400249.	674.7	425.0	249.6
70.0	6.0	18.0	363764.	20748.	17.7	22144.	3142648.	615.1	392.8	222.2
70.0	6.0	20.0	355729.	19702.	18.0	19930.	2917334.	567.5	364.6	202.9
70.0	6.0	22.0	348614.	13780.	18.5	18113.	2718617.	528.6	339.8	188.7
70.0	6.0	24.0	342242.	18012.	18.9	16608.	2542067.	496.1	317.7	178.4
70.0	6.0	26.0	336483.	17363.	19.3	15330.	2384186.	466.1	298.0	168.1
70.0	6.0	28.0	331238.	16806.	19.7	14235.	2242110.	437.9	280.2	157.7
70.0	6.0	30.0	326472.	16323.	19.9	13286.	2113786.	413.6	264.2	149.2
70.0	6.0	32.0	318008.	15901.	19.9	12456.	1997149.	392.2	249.6	142.6
70.0	6.0	34.0	310257.	15528.	19.9	11723.	1890739.	373.4	236.3	137.1
70.0	6.0	36.0	303123.	15197.	19.9	11072.	1793280.	356.7	224.1	132.5
70.0	6.0	38.0	296526.	14901.	19.8	10489.	1703698.	341.7	212.9	128.7
70.0	6.0	40.0	290399.	14634.	19.8	9965.	1621092.	328.2	202.6	125.6
70.0	6.0	42.0	284690.	14392.	19.7	9490.	1544616.	316.0	193.0	122.9
70.0	6.0	44.0	279350.	14173.	19.7	9059.	1473820.	305.0	184.2	120.7
70.0	6.0	46.0	274372.	13973.	19.6	8665.	1407019.	294.8	175.9	118.8
70.0	6.0	48.0	269630.	13799.	19.5	8304.	1346491.	285.6	168.3	117.2
70.0	6.0	50.0	265188.	13620.	19.4	7972.	1289107.	277.0	161.1	115.9

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
 GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA  
 TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.  
 APROXIMACION = 6.0 G.F.





## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	8.0	10.0	287533.	21182.	13.5	39860.	3697584.	874.2	462.1	412.0
70.0	8.0	12.0	286487.	19398.	14.7	33216.	3400249.	765.7	425.0	340.7
70.0	8.0	14.0	285305.	18124.	15.7	28471.	3142648.	688.2	392.8	295.4
70.0	8.0	16.0	282048.	17168.	16.4	24912.	2917334.	609.0	364.6	244.4
70.0	8.0	18.0	275904.	16424.	16.7	22144.	2718617.	554.7	339.8	214.9
70.0	8.0	20.0	270521.	15830.	17.0	19030.	2542067.	511.3	317.7	193.5
70.0	8.0	22.0	265742.	15001.	17.7	18118.	2384186.	475.7	298.0	177.7
70.0	8.0	24.0	261454.	14311.	18.2	16608.	2242181.	446.1	280.2	165.8
70.0	8.0	26.0	257569.	13727.	18.7	15330.	2113786.	418.7	264.2	154.5
70.0	8.0	28.0	254024.	13227.	19.2	14235.	1997100.	393.2	249.6	143.5
70.0	8.0	30.0	250548.	12793.	19.5	13286.	1890739.	371.0	236.3	134.6
70.0	8.0	32.0	244494.	12413.	19.6	12456.	1793280.	351.6	224.1	127.4
70.0	8.0	34.0	238940.	12078.	19.7	11723.	1703698.	334.5	212.9	121.5
70.0	8.0	36.0	233820.	11780.	19.8	11072.	1621092.	319.2	202.6	116.6
70.0	8.0	38.0	229077.	11514.	19.8	10489.	1544686.	305.6	193.0	112.5
70.0	8.0	40.0	224667.	11274.	19.9	9965.	1473820.	293.4	184.2	109.1
70.0	8.0	42.0	220551.	11057.	19.9	9490.	1407919.	282.3	175.9	106.3
70.0	8.0	44.0	216696.	10860.	19.9	9059.	1343401.	272.2	168.3	103.0
70.0	8.0	46.0	213076.	10680.	19.9	8665.	1289107.	263.0	161.1	101.8
70.0	8.0	48.0	209667.	10515.	19.9	8304.	1235085.	254.5	154.4	100.1
70.0	8.0	50.0	206448.	10363.	19.9	7972.	1184997.	246.8	148.1	93.7

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
 GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA

TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.

PROXIMACION = 8.0 G.F.

NF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 402899.19 * *	MAXIMO 1432743.40 * *
10.0	1432743.40		*
12.0	1239045.99		*
14.0	1100700.40		*
16.0	977139.97		*
18.0	887896.53		*
20.0	816514.91		*
22.0	758073.34		*
24.0	709409.67		*
26.0	666017.27		*
28.0	626937.46		*
30.0	592974.34		*
32.0	563285.28		*
34.0	537096.71		*
36.0	513731.69		*
38.0	492902.95		*
40.0	474204.32		*
42.0	457215.86		*
44.0	441774.56		*
46.0	427639.81		*
48.0	414718.44		*
50.0	402899.19		*

## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	10.0	10.0	224529.	15944.	14.0	39860.	3142648.	800.7	392.8	407.9
70.0	10.0	12.0	224038.	14615.	15.3	33216.	2917333.	699.8	364.6	335.7
70.0	10.0	14.0	223624.	13666.	16.3	28471.	2718617.	627.7	339.8	287.9
70.0	10.0	16.0	221065.	12954.	17.0	24912.	2542067.	543.4	317.7	225.7
70.0	10.0	18.0	217194.	12400.	17.5	22144.	2384186.	494.3	298.0	196.3
70.0	10.0	20.0	213788.	11958.	17.8	19930.	2242181.	455.0	280.2	174.8
70.0	10.0	22.0	210753.	11222.	18.7	18118.	2113786.	422.9	264.2	158.7
70.0	10.0	24.0	208021.	10610.	19.6	16608.	1997149.	396.1	249.6	146.5
70.0	10.0	26.0	205538.	10092.	20.3	15330.	1890799.	371.4	236.3	135.2
70.0	10.0	28.0	203266.	9647.	21.0	14235.	1793280.	348.4	224.1	124.2
70.0	10.0	30.0	201198.	9262.	21.7	13286.	1703698.	328.4	212.9	115.4
70.0	10.0	32.0	196551.	8925.	22.0	12456.	1621092.	310.9	202.6	108.7
70.0	10.0	34.0	192285.	8628.	22.2	11723.	1544686.	295.5	193.0	102.4
70.0	10.0	36.0	188347.	8364.	22.5	11072.	1473820.	281.8	184.2	97.6
70.0	10.0	38.0	184697.	8127.	22.7	10489.	1407919.	269.5	175.9	93.5
70.0	10.0	40.0	181299.	7915.	22.9	9965.	1346491.	258.5	168.3	90.2
70.0	10.0	42.0	178125.	6806.	26.1	9490.	1289107.	248.5	161.1	87.4
70.0	10.0	44.0	175150.	6651.	26.3	9059.	1235385.	239.4	154.4	85.0
70.0	10.0	46.0	172354.	6511.	26.4	8665.	1184997.	231.1	148.1	83.0
70.0	10.0	48.0	169719.	6382.	26.5	8304.	1137648.	223.5	142.2	81.3
70.0	10.0	50.0	167230.	6263.	26.6	7972.	1093080.	216.6	136.6	79.0

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
 GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA  
 TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.  
 APROXIMACION = 10.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 374529.14 * *	MAXIMO 1363697.00 * *
10.0	1363697.00		*
12.0	1177139.10		*
14.0	1043866.40		*
16.0	915514.90		*
18.0	831156.43		*
20.0	763656.37		*
22.0	708472.72		*
24.0	652139.39		*
26.0	621583.38		*
28.0	584052.09		*
30.0	552955.66		*
32.0	525051.48		*
34.0	500459.39		*
36.0	478597.97		*
38.0	458996.40		*
40.0	441419.00		*
42.0	425403.95		*
44.0	410962.06		*
46.0	397722.77		*
48.0	385596.87		*
50.0	374529.14	*	

JSE 0221

## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	12.0	10.0	192646.	14121.	13.6	39860.	2718617.	732.0	339.8	392.2
70.0	12.0	12.0	191980.	12907.	14.8	33216.	2542067.	642.5	317.7	324.8
70.0	12.0	14.0	191418.	12039.	15.8	28471.	2384186.	578.6	298.0	280.6
70.0	12.0	16.0	189466.	11388.	16.6	24912.	2242181.	499.9	280.2	219.6
70.0	12.0	18.0	186115.	10882.	17.1	22144.	2113786.	454.6	264.2	190.3
70.0	12.0	20.0	183168.	10477.	17.4	19930.	1997149.	418.3	249.6	168.7
70.0	12.0	22.0	180542.	9835.	18.3	18118.	1890739.	388.7	236.3	152.3
70.0	12.0	24.0	178178.	9300.	19.1	16608.	1793280.	364.0	224.1	130.8
70.0	12.0	26.0	176030.	8848.	19.8	15330.	1703698.	341.4	212.9	128.4
70.0	12.0	28.0	174065.	8460.	20.5	14235.	1621092.	320.5	202.6	117.8
70.0	12.0	30.0	172347.	8123.	21.2	13286.	1544686.	302.4	193.0	100.3
70.0	12.0	32.0	168486.	7829.	21.5	12456.	1470000.	286.5	184.2	102.3
70.0	12.0	34.0	164939.	7570.	21.7	11723.	1407919.	272.5	175.9	96.5
70.0	12.0	36.0	161663.	7339.	22.0	11072.	1346491.	260.1	168.3	91.8
70.0	12.0	38.0	158624.	7132.	22.2	10489.	1289107.	249.0	161.1	87.8
70.0	12.0	40.0	155793.	6947.	22.4	9965.	1235385.	239.0	154.4	84.5
70.0	12.0	42.0	153148.	6778.	22.5	9490.	1184997.	229.9	148.1	81.8
70.0	12.0	44.0	150668.	6626.	22.7	9059.	1137648.	221.7	142.2	79.5
70.0	12.0	46.0	149325.	6486.	22.8	8665.	1093080.	214.2	136.6	77.5
70.0	12.0	48.0	146106.	6394.	26.1	8304.	1051064.	207.3	131.2	75.
70.0	12.0	50.0	144057.	6289.	26.2	7972.	1011392.	200.9	126.4	73.5

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA

TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.

APROXIMACION = 12.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 359780.47 * *	MAXIMO 1299159.90 * *
10.0	1299159.90		*
12.0	1123311.10		*
14.0	997741.63		*
16.0	874650.81		*
18.0	793862.03		*
20.0	729180.19		*
22.0	676345.05		*
24.0	632284.47		*
26.0	593401.22		*
28.0	558642.67		*
30.0	528531.12		*
32.0	502129.98		*
34.0	478853.56		*
36.0	458217.82		*
38.0	439732.59		*
40.0	423100.65		*
42.0	407391.03		*
44.0	394324.53		*
46.0	381846.81		*
48.0	370378.50		*
50.0	359780.47		*

JSE 0031

## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	14.0	10.0	161066.	12299.	13.0	39860.	2384186.	663.2	298.0	365.2
70.0	14.0	12.0	160304.	11198.	14.3	33216.	2242181.	585.2	280.2	305.0
70.0	14.0	14.0	159663.	10412.	15.3	28471.	2113786.	529.5	264.2	265.3
70.0	14.0	16.0	157873.	9822.	16.0	24912.	1997149.	456.3	249.6	206.7
70.0	14.0	18.0	155053.	9363.	16.5	22144.	1890739.	414.8	236.3	178.5
70.0	14.0	20.0	152574.	8996.	16.9	19930.	179320.	381.6	224.1	157.4
70.0	14.0	22.0	150365.	8448.	17.7	18118.	1703	354.4	212.9	141.5
70.0	14.0	24.0	148377.	7990.	18.5	16608.	1621092.	331.8	202.6	129.2
70.0	14.0	26.0	146571.	7604.	19.2	15330.	1544686.	311.3	193.0	118.2
70.0	14.0	28.0	144918.	7272.	19.9	14235.	1473820.	292.6	184.2	108.9
70.0	14.0	30.0	143495.	6984.	20.5	13286.	1407919.	276.3	175.9	100.3
70.0	14.0	32.0	140381.	6733.	20.8	12456.	1346491.	262.1	168.3	93.8
70.0	14.0	34.0	137517.	6511.	21.1	11723.	1289107.	249.5	161.1	88.4
70.0	14.0	36.0	134870.	6314.	21.3	11072.	1235385.	238.4	154.4	84.0
70.0	14.0	38.0	132414.	6137.	21.5	10489.	1184997.	228.4	148.1	80.3
70.0	14.0	40.0	130124.	5979.	21.7	9965.	1137648.	219.4	142.2	77.2
70.0	14.0	42.0	127984.	5835.	21.9	9490.	1093080.	211.3	136.6	74.7
70.0	14.0	44.0	125975.	5704.	22.0	9059.	1051064.	203.9	131.3	72.5
70.0	14.0	46.0	124086.	5585.	22.2	8665.	1011391.	197.2	126.4	70.8
70.0	14.0	48.0	122305.	5476.	22.3	8304.	973880.	191.0	121.7	69.5
70.0	14.0	50.0	120617.	5375.	22.4	7972.	93	185.3	117.2	68.0

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA

TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.

APROXIMACION = 14.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 345125.74 *	MAXIMO 1234528.80 *
10.0	1234528.80	*	*
12.0	1069483.20	*	*
14.0	951616.81	*	*
16.0	833692.73	*	*
18.0	756473.69	*	*
20.0	694704.00	*	*
22.0	644123.44	*	*
24.0	602035.61	*	*
26.0	565125.11	*	*
28.0	532435.25	*	*
30.0	504012.63	*	*
32.0	479208.48	*	*
34.0	457247.23	*	*
36.0	437827.72	*	*
38.0	420380.83	*	*
40.0	404680.30	*	*
42.0	390518.06	*	*
44.0	377613.16	*	*
46.0	365876.92	*	*
48.0	355065.18	*	*
50.0	345125.74	*	*

USE 3001



## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	16.0	10.0	142104.	10705.	13.2	39860.	2113786.	599.2	264.2	335.0
70.0	16.0	12.0	141329.	9756.	14.4	33216.	1997149.	530.8	249.6	281.7
70.0	16.0	14.0	140677.	9578.	15.4	28471.	1890739.	482.0	236.3	245.6
70.0	16.0	16.0	139043.	8569.	16.2	24912.	1793280.	415.0	224.1	190.8
70.0	16.0	18.0	136495.	8174.	16.6	22144.	1703698.	377.6	212.9	164.6
70.0	16.0	20.0	134256.	7858.	17.0	19930.	1621092.	347.6	202.6	145.0
70.0	16.0	22.0	132262.	7376.	17.9	18118.	1544686.	323.1	193.0	130.0
70.0	16.0	24.0	130467.	6975.	18.7	16608.	1473820.	302.7	184.2	118.5
70.0	16.0	26.0	128838.	6636.	19.4	15330.	1407919.	284.6	175.9	108.0
70.0	16.0	28.0	127348.	6345.	20.0	14235.	1346491.	267.7	168.3	99.4
70.0	16.0	30.0	126033.	6092.	20.6	13286.	1289107.	253.1	161.1	92.0
70.0	16.0	32.0	123357.	5872.	21.0	12456.	1235385.	240.4	154.4	85.0
70.0	16.0	34.0	120896.	5677.	21.2	11723.	1134997.	229.1	148.1	81.0
70.0	16.0	36.0	118620.	5504.	21.5	11072.	1137000.	219.1	142.2	76.9
70.0	16.0	38.0	116506.	5349.	21.7	10489.	1093000.	210.1	136.6	73.5
70.0	16.0	40.0	114536.	5210.	21.9	9965.	1051064.	202.1	131.3	70.7
70.0	16.0	42.0	112693.	5084.	22.1	9490.	1011391.	194.8	126.4	68.3
70.0	16.0	44.0	110963.	4969.	22.3	9059.	973880.	188.1	121.7	66.4
70.0	16.0	46.0	109330.	4864.	22.4	8665.	938364.	182.1	117.2	64.3
70.0	16.0	48.0	107799.	4768.	22.6	8304.	904697.	176.5	113.0	63.4
70.0	16.0	50.0	106346.	4680.	22.7	7972.	872740.	171.4	109.0	62.3

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
 GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO

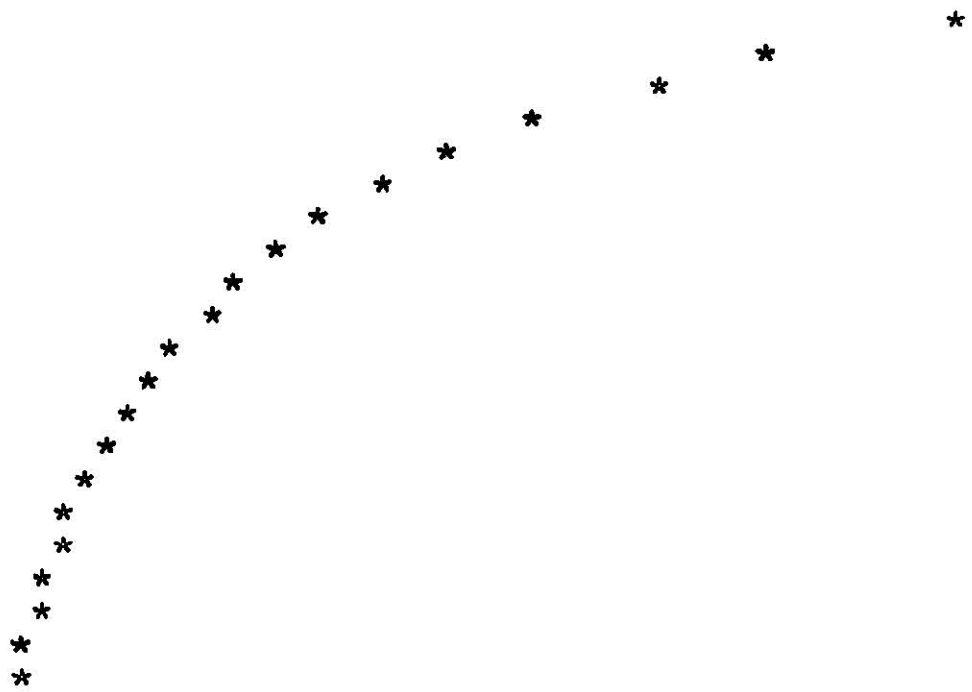
CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA

TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.

APROXIMACION = 16.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 332068.00 * *	MAXIMO 1174406.83 * *
----------------	------------------------	-------------------------------	--------------------------------

10.0	1174406.80
12.0	1018379.50
14.0	906995.04
16.0	794895.28
18.0	721527.80
20.0	662764.21
22.0	614720.04
24.0	574698.91
26.0	540942.99
28.0	509342.05
30.0	482218.42
32.0	458823.38
34.0	438023.36
36.0	419597.19
38.0	403180.71
40.0	388436.59
42.0	375017.87
44.0	362770.55
46.0	351621.89
48.0	341474.80
50.0	332068.29



USE 0001

## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	18.0	10.0	123246.	9338.	13.1	39860.	1890739.	539.8	236.3	303.5
70.0	18.0	12.0	122484.	8579.	14.2	33216.	1793290.	479.3	224.1	255.1
70.0	18.0	14.0	121844.	8037.	15.1	28471.	1703698.	436.0	212.9	223.0
70.0	18.0	16.0	120222.	7630.	15.7	24912.	1621092.	375.9	202.6	173.3
70.0	18.0	18.0	117964.	7313.	16.1	22144.	1544686.	342.8	193.0	149.7
70.0	18.0	20.0	115970.	7060.	16.4	19930.	1473820.	316.4	184.2	132.1
70.0	18.0	22.0	114213.	6620.	17.2	18118.	1407919.	294.7	175.9	118.7
70.0	18.0	24.0	112624.	6254.	18.0	16608.	1346491.	276.6	168.3	108.3
70.0	18.0	26.0	111182.	5943.	18.7	15330.	1289107.	261.1	161.1	100.0
70.0	18.0	28.0	109864.	5678.	19.3	14235.	1235385.	246.0	154.4	91.6
70.0	18.0	30.0	108571.	5447.	19.9	13286.	1184997.	232.8	148.1	84.7
70.0	18.0	32.0	106317.	5245.	20.2	12456.	1137648.	221.3	142.2	79.1
70.0	18.0	34.0	104243.	5067.	20.5	11723.	1093080.	211.2	136.6	74.5
70.0	18.0	36.0	102324.	4909.	20.8	11072.	1051064.	202.2	131.3	70.8
70.0	18.0	38.0	100542.	4768.	21.0	10489.	1011301.	194.1	126.4	67.7
70.0	18.0	40.0	98880.	4640.	21.3	9965.	973300.	186.8	121.7	65.1
70.0	18.0	42.0	97324.	4525.	21.5	9490.	938000.	180.2	117.2	62.9
70.0	18.0	44.0	95864.	4420.	21.6	9059.	904097.	174.3	113.0	61.2
70.0	18.0	46.0	94489.	4325.	21.8	8665.	872740.	168.8	109.0	59.7
70.0	18.0	48.0	93191.	4237.	21.9	8304.	842376.	163.8	105.2	58.5
70.0	18.0	50.0	91963.	4156.	22.1	7972.	813492.	159.2	101.6	57.5

**COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO**  
**GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO**

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA  
 TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.  
 APROXIMACION = 18.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 320607.26 * *	MAXIMO 1118606.10 * * *
10.0	1118606.10		
12.0	970000.18		*
14.0	863782.39		*
16.0	753104.52		*
18.0	683836.48		*
20.0	633454.76		*
22.0	588947.93		*
24.0	550180.42		*
26.0	517966.95		*
28.0	488056.95		*
30.0	463148.49		*
32.0	440830.73		*
34.0	421268.00		*
36.0	403327.24		*
38.0	388159.22		*
40.0	374053.68		*
42.0	361302.54		*
44.0	349806.75		*
46.0	339197.80		*
48.0	329514.35		*
50.0	320607.26		*

USE FOOT

## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	20.0	10.0	111646.	7972.	14.0	39860.	1703698.	480.4	212.9	267.5
70.0	20.0	12.0	110774.	7402.	14.9	33216.	1621092.	427.7	202.6	225.1
70.0	20.0	14.0	110043.	6995.	15.7	28471.	1544686.	390.0	193.0	196.9
70.0	20.0	16.0	108694.	6690.	16.2	24912.	1473820.	336.9	184.2	152.6
70.0	20.0	18.0	106596.	6453.	16.5	22144.	1407919.	308.1	175.9	132.1
70.0	20.0	20.0	104753.	6263.	16.7	19930.	1346491.	285.1	168.3	116.8
70.0	20.0	22.0	103114.	5865.	17.5	18118.	1289107.	266.3	161.1	105.1
70.0	20.0	24.0	101639.	5532.	18.3	16608.	1235385.	250.6	154.4	96.2
70.0	20.0	26.0	100302.	5251.	19.0	15330.	1184997.	237.7	148.1	87.6
70.0	20.0	28.0	99079.	5010.	19.7	14235.	1137648.	224.2	142.2	82.0
70.0	20.0	30.0	97941.	4802.	20.3	13286.	1093080.	212.5	136.6	75.9
70.0	20.0	32.0	95806.	4619.	20.7	12456.	1051064.	202.3	131.3	70.9
70.0	20.0	34.0	93843.	4458.	21.0	11723.	1011391.	193.3	126.4	66.8
70.0	20.0	36.0	92029.	4315.	21.3	11072.	973980.	185.2	121.7	63.5
70.0	20.0	38.0	90345.	4186.	21.5	10489.	93	178.0	117.2	60.7
70.0	20.0	40.0	88777.	4071.	21.8	9965.	904697.	171.6	113.0	58.5
70.0	20.0	42.0	87310.	3967.	22.0	9490.	872740.	165.7	109.0	56.6
70.0	20.0	44.0	85934.	3872.	22.1	9059.	842376.	160.4	105.2	55.1
70.0	20.0	46.0	84639.	3119.	27.1	8665.	813492.	155.6	101.6	53.9
70.0	20.0	48.0	83418.	3036.	27.4	8304.	785090.	151.1	98.2	52.9
70.0	20.0	50.0	82263.	2961.	27.7	7972.	759777.	147.0	94.9	52.0

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
GRAFICA DE COSTO VS, ENFRIAMIENTO

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA  
TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.  
APROXIMACION = 20.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 309146.51 * *	MAXIMO 1062805.40 * *
10.0	1062805.40		*
12.0	921526.85		*
14.0	820569.73		*
16.0	721527.70		*
18.0	656239.11		*
20.0	604051.36		*
22.0	561361.81		*
24.0	525755.88		*
26.0	495984.86		*
28.0	468177.91		*
30.0	444078.56		*
32.0	423032.03		*
34.0	404452.64		*
36.0	387851.34		*
38.0	373034.79		*
40.0	359784.72		*
42.0	347681.16		*
44.0	336749.01		*
46.0	326797.65		*
48.0	317583.90		*
50.0	309146.51		*

ISE 0001

## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HPI	HP2
70.0	22.0	10.0	100186.	7174.	13.9	39860.	1544686.	446.8	193.0	253.7
70.0	22.0	12.0	99241.	6719.	14.7	33216.	1473820.	399.4	184.2	215.2
70.0	22.0	14.0	98449.	6393.	15.3	28471.	1407919.	365.6	175.9	189.6
70.0	22.0	16.0	97173.	6149.	15.8	24912.	1346491.	317.0	168.3	148.7
70.0	22.0	18.0	95247.	5960.	15.9	22144.	1289107.	290.0	161.1	128.8
70.0	22.0	20.0	93556.	5865.	15.9	19930.	1235385.	268.3	154.4	113.9
70.0	22.0	22.0	92052.	5492.	16.7	18118.	1184997.	250.6	148.1	102.5
70.0	22.0	24.0	90700.	5181.	17.5	16608.	1137643.	235.8	142.2	93.6
70.0	22.0	26.0	89475.	4918.	18.1	15330.	1093080.	223.3	136.6	86.6
70.0	22.0	28.0	88354.	4693.	18.8	14235.	1051064.	210.8	131.3	79.4
70.0	22.0	30.0	87312.	4498.	19.4	13286.	1011391.	200.0	126.4	73.6
70.0	22.0	32.0	85318.	4327.	19.7	12456.	973880.	190.6	121.7	68.8
70.0	22.0	34.0	83486.	4176.	19.9	11723.	938364.	182.2	117.2	64.9
70.0	22.0	36.0	81795.	4042.	20.2	11072.	904697.	174.8	113.0	61.7
70.0	22.0	38.0	80227.	3923.	20.4	10489.	872740.	168.2	109.0	59.1
70.0	22.0	40.0	78767.	3815.	20.6	9965.	842376.	162.2	105.2	56.9
70.0	22.0	42.0	77403.	3717.	20.8	9490.	813492.	156.8	101.6	55.1
70.0	22.0	44.0	76125.	3628.	20.9	9059.	785990.	151.9	98.2	53.6
70.0	22.0	46.0	74923.	3547.	21.1	8665.	759777.	147.4	94.9	52.4
70.0	22.0	48.0	73790.	3473.	21.2	8304.	724769.	143.3	91.8	51.5
70.0	22.0	50.0	72720.	3405.	21.3	7972.	710910.	139.5	88.8	50.7

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
 GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA

TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.

APROXIMACION = 22.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 302100.97 * *	MAXIMO 1031241.40 * *
10.0	1031241.40		*
12.0	894941.67		*
14.0	797648.23		*
16.0	702833.55		*
18.0	639235.87		*
20.0	583269.35		*
22.0	540613.74		*
24.0	511852.68		*
26.0	482457.42		*
28.0	455589.80		*
30.0	432335.99		*
32.0	412040.08		*
34.0	394025.24		*
36.0	378081.52		*
38.0	363020.62		*
40.0	350954.30		*
42.0	339320.45		*
44.0	328764.77		*
46.0	319094.52		*
48.0	310256.54		*
50.0	302100.97		*

ISE 0201



## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	24.0	10.0	91885.	6377.	14.4	39860.	1407919.	413.2	175.9	237.2
70.0	24.0	12.0	90802.	6035.	15.0	33216.	1346491.	371.2	168.3	202.9
70.0	24.0	14.0	89897.	5791.	15.5	28471.	1289107.	341.1	161.1	180.0
70.0	24.0	16.0	88567.	5608.	15.7	24912.	1235385.	297.2	154.4	142.8
70.0	24.0	18.0	86597.	5466.	15.8	22144.	1184997.	271.8	148.1	123.7
70.0	24.0	20.0	84872.	5466.	15.5	19930.	1137648.	251.5	142.2	109.3
70.0	24.0	22.0	83340.	5119.	16.2	18118.	1093080.	234.9	136.6	98.3
70.0	24.0	24.0	81967.	4830.	16.9	16608.	1051064.	221.0	131.3	89.7
70.0	24.0	26.0	80723.	4586.	17.6	15330.	1011391.	208.9	126.4	82.4
70.0	24.0	28.0	79589.	4376.	18.1	14235.	973880.	197.4	121.7	75.7
70.0	24.0	30.0	78695.	4194.	18.7	13286.	938000.	187.5	117.2	70.2
70.0	24.0	32.0	76922.	4035.	19.0	12456.	904697.	178.8	113.0	65.8
70.0	24.0	34.0	75293.	3895.	19.3	11723.	872740.	171.2	109.0	62.1
70.0	24.0	36.0	73789.	3770.	19.5	11072.	842376.	164.4	105.2	59.1
70.0	24.0	38.0	72394.	3659.	19.7	10489.	813492.	158.3	101.6	56.6
70.0	24.0	40.0	71095.	3558.	19.9	9965.	785990.	152.8	98.2	54.6
70.0	24.0	42.0	69881.	3468.	20.1	9490.	759777.	147.9	94.9	52.9
70.0	24.0	44.0	68743.	3385.	20.3	9059.	734769.	143.4	91.8	51.5
70.0	24.0	46.0	67673.	3310.	20.4	8665.	710891.	139.3	88.8	50.4
70.0	24.0	48.0	66664.	3240.	20.5	8304.	696072.	135.5	86.0	49.5
70.0	24.0	50.0	65710.	3177.	20.6	7972.	666249.	132.0	83.2	48.7

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
 GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA  
 TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.  
 APROXIMACION = 24.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 295055.42 * *	MAXIMO 999677.42 * * * *
10.0	999677.42		
12.0	868450.43		
14.0	774632.80		
16.0	684233.30		
18.0	622128.59		
20.0	572407.33		
22.0	531864.47		
24.0	497949.47		
26.0	468929.97		
28.0	443001.84		
30.0	420503.42		
32.0	400956.00		
34.0	383691.77		
36.0	368311.71		
38.0	354520.50		
40.0	342123.89		
42.0	330959.74		
44.0	320779.12		
46.0	311485.34		
48.0	302929.17		
50.0	295055.42		

JSE 0001

## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUMEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	26.0	10.0	83724.	5580.	15.0	39860.	128	389.0	161.1	227.9
70.0	26.0	12.0	82541.	5352.	15.4	33216.	1235385.	350.7	154.4	196.3
70.0	26.0	14.0	81555.	5189.	15.7	28471.	1184997.	323.4	148.1	175.3
70.0	26.0	16.0	79984.	5067.	15.7	24012.	1137648.	283.4	142.2	141.1
70.0	26.0	18.0	78012.	4973.	15.6	22144.	1093080.	259.2	136.6	122.5
70.0	26.0	20.0	76289.	5067.	15.0	19930.	1051064.	239.8	131.3	108.4
70.0	26.0	22.0	74763.	4746.	15.7	18118.	1011391.	224.0	126.4	97.5
70.0	26.0	24.0	73396.	4479.	16.3	16608.	973880.	210.8	121.7	89.0
70.0	26.0	26.0	72161.	4253.	16.9	15330.	938364.	198.9	117.2	81.6
70.0	26.0	28.0	71036.	4059.	17.5	14235.	904607.	188.2	113.0	75.1
70.0	26.0	30.0	70077.	3891.	18.0	13286.	872740.	178.9	109.0	69.8
70.0	26.0	32.0	68521.	3743.	18.3	12456.	842376.	170.8	105.2	65.5
70.0	26.0	34.0	67090.	3614.	18.5	11723.	813492.	163.6	101.6	61.0
70.0	26.0	36.0	65769.	3498.	18.7	11072.	785990.	157.2	98.2	59.0
70.0	26.0	38.0	64543.	3395.	19.0	10489.	750000.	151.5	94.9	56.6
70.0	26.0	40.0	63401.	3302.	19.1	9965.	734000.	146.4	91.8	54.5
70.0	26.0	42.0	62334.	3218.	19.3	9490.	710891.	141.7	88.8	52.0
70.0	26.0	44.0	61333.	3142.	19.5	9059.	688072.	137.5	86.0	51.5
70.0	26.0	46.0	60391.	3072.	19.6	8665.	665209.	133.7	83.2	50.0
70.0	26.0	48.0	59503.	3008.	19.7	8304.	643361.	130.1	80.6	49.4
70.0	26.0	50.0	58664.	2949.	19.8	7972.	625354.	126.9	78.1	48.7

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
 GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA  
 TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.  
 APROXIMACION = 26.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 290264.46 * *	MAXIMO 976943.80 * *
10.0	976943.80		*
12.0	849192.62		*
14.0	758005.32		*
16.0	671269.50		*
18.0	610302.18		*
20.0	561496.29		*
22.0	521624.05		*
24.0	483367.54		*
26.0	459535.92		*
28.0	434359.31		*
30.0	412514.53		*
32.0	393440.75		*
34.0	376552.29		*
36.0	361547.99		*
38.0	348140.54		*
40.0	336111.60		*
42.0	325135.43		*
44.0	315236.63		*
46.0	306224.66		*
48.0	297856.38	*	
50.0	290264.46	*	

ISE 0301

## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLU	EN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	28.0	10.0	77332.		4783.	16.1	39860.	1184997.	374.2	148.1	226.0
70.0	28.0	12.0	76205.		4669.	16.3	33216.	1137648.	338.1	142.2	195.9
70.0	28.0	14.0	75265.		4587.	16.4	28471.	1093080.	312.3	136.6	175.7
70.0	28.0	16.0	73703.		4526.	16.2	24912.	1051064.	275.4	131.3	144.1
70.0	28.0	18.0	71902.		4479.	16.0	22144.	1011391.	251.9	126.4	125.5
70.0	28.0	20.0	70329.		4669.	15.0	19930.	973800.	233.2	121.7	111.4
70.0	28.0	22.0	68935.		4374.	15.7	18118.	938364.	217.8	117.2	100.5
70.0	28.0	24.0	67687.		4128.	16.3	16608.	904697.	205.0	113.0	91.9
70.0	28.0	26.0	66559.		3920.	16.9	15330.	872740.	193.5	109.0	84.4
70.0	28.0	28.0	65531.		3741.	17.5	14235.	842376.	183.2	105.2	77.9
70.0	28.0	30.0	64649.		3587.	18.0	13286.	813492.	174.2	101.6	72.5
70.0	28.0	32.0	63174.		3452.	18.3	12456.	785990.	166.4	98.2	68.1
70.0	28.0	34.0	61820.		3332.	18.5	11723.	759777.	159.5	94.9	64.5
70.0	28.0	36.0	60569.		3226.	18.7	11072.	734769.	153.3	91.8	61.5
70.0	28.0	38.0	59410.		3131.	18.9	10489.	710891.	147.8	88.8	59.0
70.0	28.0	40.0	58330.		3046.	19.1	9965.	688072.	142.9	86.0	56.9
70.0	28.0	42.0	57322.		2969.	19.3	9490.	666249.	138.4	83.2	55.1
70.0	28.0	44.0	56376.		2898.	19.4	9059.	645361.	134.3	80.6	53.6
70.0	28.0	46.0	55487.		2834.	19.5	8665.	625354.	130.6	78.1	52.4
70.0	28.0	48.0	54649.		2775.	19.6	8304.	600170.	127.2	75.7	51.4
70.0	28.0	50.0	53858.		2721.	19.7	7972.	537000.	124.1	73.4	50.6

COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO  
GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO

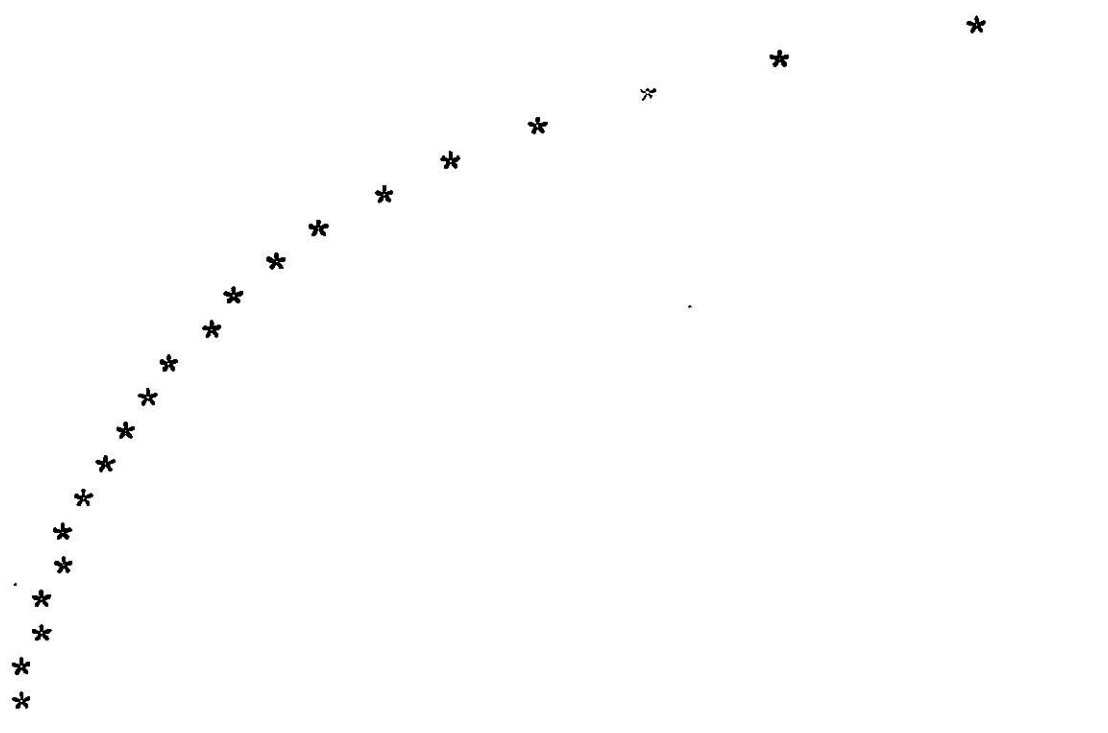
CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA

TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.

APROXIMACION = 28.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 287634.12 * *	MAXIMO 963040.60 * *
----------------	------------------------	-------------------------------	-------------------------------

10.0	963040.60
12.0	837356.11
14.0	747577.91
16.0	663754.26
18.0	60344.4.52
20.0	555296.21
22.0	515800.63
24.0	482918.99
26.0	454463.13
28.0	429662.28
30.0	408009.32
32.0	389307.37
34.0	372700.73
36.0	357380.30
38.0	344060.74
40.0	332323.78
42.0	322035.39
44.0	312230.53
46.0	303312.51
48.0	295132.11
50.0	287634.12



USE DCOI

## TABLA DE RESULTADOS

TBH	APR	ENF	VOLUVEN	AREA	ALT	VL.	VG.	HPT	HP1	HP2
70.0	30.0	10.0	70962.	3986.	17.8	39860.	1093080.	359.3	136.6	222.7
70.0	30.0	12.0	69896.	3985.	17.5	33216.	1051064.	325.5	131.3	194.7
70.0	30.0	14.0	69007.	3986.	17.3	28471.	1011391.	301.3	126.4	174.9
70.0	30.0	16.0	67420.	3986.	16.9	24912.	973880.	267.5	121.7	145.8
70.0	30.0	18.0	65788.	3986.	16.5	22144.	938364.	244.7	117.2	127.4
70.0	30.0	20.0	64362.	4270.	15.0	19930.	904697.	226.5	113.0	113.4
70.0	30.0	22.0	63099.	4001.	15.7	18118.	872740.	211.6	109.0	102.5
70.0	30.0	24.0	61967.	3777.	16.4	16608.	842376.	199.2	105.2	93.0
70.0	30.0	26.0	60944.	3587.	16.9	15330.	813492.	188.1	101.6	86.4
70.0	30.0	28.0	60012.	3424.	17.5	14235.	785990.	178.2	98.2	79.9
70.0	30.0	30.0	59220.	3283.	18.0	13286.	759777.	169.5	94.9	74.6
70.0	30.0	32.0	57834.	3160.	18.3	12456.	734770.	162.0	91.8	70.2
70.0	30.0	34.0	56561.	3051.	18.5	11723.	710891.	155.3	88.8	66.5
70.0	30.0	36.0	55387.	2954.	18.7	11072.	688072.	149.4	86.0	63.4
70.0	30.0	38.0	54299.	2868.	18.9	10489.	666249.	144.1	83.2	60.8
70.0	30.0	40.0	53286.	2790.	19.0	9965.	645011.	139.4	80.6	58.7
70.0	30.0	42.0	52341.	2719.	19.2	9490.	624354.	135.0	78.1	56.9
70.0	30.0	44.0	51455.	2655.	19.3	9059.	606178.	131.1	75.7	55.2
70.0	30.0	46.0	50672.	2597.	19.4	8665.	587785.	127.5	73.4	54.1
70.0	30.0	48.0	49837.	2543.	19.5	8304.	570133.	124.3	71.2	53.0
70.0	30.0	50.0	49096.	2494.	19.6	7972.	553182.	121.2	69.1	52.1

**COSTO DE TORRES DE ENFRIAMIENTO**  
**GRAFICA DE COSTO VS. ENFRIAMIENTO**

CARGA TERMICA = 200000. BTU/HORA

TEMP. DE BULBO HUMEDO = 70.0 G.F.

APROXIMACION = 30.0 G.F.

ENF. (G.F.)	COSTO ANUAL (\$)	MINIMO 284909.84 * *	MAXIMO 949043.46 * *
10.0	949043.46		*
12.0	825519.60		*
14.0	737244.45		*
16.0	656332.95		*
18.0	596680.80		*
20.0	549002.19		*
22.0	509976.32		*
24.0	477470.43		*
26.0	449390.34		*
28.0	424965.25		*
30.0	403684.11		*
32.0	385173.98		*
34.0	368755.22		*
36.0	354220.62		*
38.0	341188.94		*
40.0	329535.86		*
42.0	318841.41		*
44.0	309224.43		*
46.0	300400.35		*
48.0	292407.83		*
50.0	284909.84	*	*

P 0000



## CAPITULO 6

## DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

DISCUSIONES:

- 1.- En los datos utilizados se ha indicado que se realicen 273 diseños, pero pueden alimentarse datos para llevar a cabo mayor o menor número de diseños, según sea necesario.
- 2.- Se observa, desde luego, que el costo aumenta al disminuir el valor del enfriamiento y de la aproximación, ya que conforme disminuyen estos factores, aumenta el tamaño y la razón de circulación de la torre.
- 3.- Se puede observar fácilmente que las distintas gráficas obtenidas son muy similares, dado que la escala de cada gráfica ha sido ajustada en forma distinta, de modo que el valor de costo mínimo y de costo máximo tengan siempre la misma posición.
- 4.- Puesto que los coeficientes utilizados en la consulta de gráficas se alimentan al programa como datos, pueden utilizarse otras gráficas de diseño con el mismo programa, siempre y cuando no se altere el procedimiento de diseño utilizado.
- 5.- Si se quiere conocer como variarán los costos al variar algunos factores económicos ( por ciento de cargos fijos, costo de la energía eléctrica, etc. ) se puede ejecutar el segundo programa varias veces con distintos datos de costo.

**CONCLUSIONES:**

- 1.- Dada la dificultad de leer con precisión las gráficas utilizadas, se tienen errores más o menos apreciables ( 3 a 4 % ) en los resultados del Programa de Diseño. Por esta razón los programas pueden utilizarse para tener una aproximación bastante aceptable de las características de una torre de enfriamiento de tiro inducido con flujo cruzado.
- 2.- De la similitud de las gráficas puede concluirse que la forma en que el costo varía con el enfriamiento es casi independiente de la proximación.
- 3.- Para la selección adecuada de uno de los diseños, deben tomarse en cuenta otros factores que dependen del equipo con el que va a funcionar la torre de enfriamiento, ya que la eficiencia y costo de dicho equipo dependerán de las características de funcionamiento de la torre.

## B I B L I O G R A F I A

1. Vera, R., "Estudio de Torres de Enfriamiento Industriales"; Tesis I.T.E.S.M. 1961.
2. Gaffert G., "Steam Power Stations"; McGraw-Hill Book Co.Inc., New York 1952.
3. Perry, J. H., "Chemical Engineers' Handbook"; McGraw-Hill Book Co. Inc., New York 1950.
4. Marley Company, "Analyzing Cooling Performance by The Unit - Volume Coefficients"; Technical Bulletin P-52-P-10, Kansas - City, M<sup>s</sup>ssouri.
5. Marley Company, "Test your Tower"; Technical Bulletin R-54-P-5, Kansas City, Missouri.
6. Treybal R. E., "Mass Transfer Operations"; McGraw-Hill Book Co. Inc., New York 1955.
7. Daniels F. & P. Alberty, "Physical Chemistry"; John Wiley & Sons Inc., New York 1961.
8. Smith J. & H. Van Ness, "Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics"; McGraw-Hill Book Co. Inc., Tokio, Japon 1959.
9. Osburn J. & K. Kammermeyer, "Money and the Chemical Engineer"; Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 1958.
10. Leeson D. & D. Dimitry, "Basic Programming Concepts and the IBM 1620 Computer"; Holt Rinehart & Wiston Inc., New York 1962.

- (11) IBM System Reference Library "1620 FORTRAN with FORMAT"; New York 1962.
- (12) Stewart E. & J. Field, "UTO FORTRAN System 11/62"; IBM 1620 General Program Library, New York 1962.
- (13) Ing. Alejandro Varela. Comunicación personal.

## A P E N D I C E 1

## S U B R U T I N A P L O T ( 1 1 ) ( 1 2 )

## . 1 . 1 . - . S U B R U T I N A S F O R T R A N .

Las subrutinas FORTRAN son bloques de instrucciones básicas de uso frecuente en casi todos los programas y pueden considerarse como subprogramas que son ejecutados cuando el programa principal lo requiere.

Dichas subrutinas se clasifican como reubicables y no-reubicables; estas últimas se almacenan en una sección de la memoria -- siempre que se ejecuta un programa, (posiciones 402 a 7069 en -- UTO FORTRAN y 402 a 8049 en FORTRAN con FORMATO).

Las subrutinas no reubicables están diseñados para realizar operaciones aritméticas con cantidades de punto fijo o flotante, -- así como para llevar a cabo la entrada y salida de datos.

## 1.2. - SUBROUTINAS FORTRAN REUBICABLES

Las subrutinas FORTRAN reubicables solo se almacenan en la memoria de la máquina si se requieren en el programa que va a ser ejecutado, en cuyo caso se almacenan a continuación del mismo.

Los nombres simbólicos de dichas subrutinas se incluyen en el programa compilador en una sección de éste (tarjetas de la serie 2000 en FORTRAN con FORMATO, tarjeta 318 en UTO FORTRAN) y el número de ellas puede cambiarse modificando convenientemente dicha sección del compilador.

Cada subrutina, cuyo nombre se haya incluido en el compilador debe así mismo encontrarse en un paquete especial de subrutinas, que además contiene un programa reubicador y las subrutinas no reubicables.

Todas las subrutinas están escritas en lenguaje básico, según un criterio uniforme.

Cuando se desea agregar una subrutina es conveniente, desde luego, programarla primero en el lenguaje simbólico, SPS, y ensamblarla luego en forma condensada, que es precisamente la forma en que debe incluirse en el paquete de subrutinas. Finalmente debe prepararse una tarjeta de encabezado y una de finalización.

### 1.3. - USO DE LA SUBROUTINA PLOT.

La subrutina PLOT puede ser utilizada como cualquier otra función del lenguaje FORTRAN, siendo los mas usuales los siguientes estatutos :

- a) X = PLOT (Expresión 1)
- b) X = PLOT F (Expresión 1)
- c) X = PLOT (Expresión 1) @ Expresión 2.
- d) X = PLOT F (Expresión 1) @ Expresión 2.

En ellos X es una variable de punto fijo o flotante, y tanto Expresión 1 como Expresión 2 son expresiones algebraicas de punto flotante, @ es cualquier signo de operación válido en FORTRAN.

En los casos "a" y "b" X toma el valor de Expresión 1 y en los casos "c" y "d" el valor de X será el de Expresión 1 @ Expresión 2.

Se calcula el mayor entero contenido en Expresión 1 y, si es positivo y no mayor que 80, la máquina de escribir dará un número de espacio igual al calculado, escribiendo en el último un asterisco, mientras que en caso contrario escribirá el mensaje ERROR PLOT.

Al ejecutarse la subrutina PLOT no retrocede el carro de la máquina de escribir, por lo que pueden imprimirse valores numéricos y/o letreros si previamente se ejecuta un estatuto PRINT. Así mismo pueden imprimirse dos o mas asteriscos en el mismo renglón (para graficar una circunferencia por ejemplo).

Por esta misma razón es generalmente conveniente usar la subrutina PLOT en un ciclo que contenga un estatuto PRINT, o bien CONTROL 102 de UTO FORTRAN). Es también responsabilidad del progra-

mador que el número total de espacios dados en la máquina de escribir ( los datos por la orden PRINT, más los datos por la subrutina PLOT ) no exceda al fijarlo por los márgenes de la misma que es generalmente 84.



1.4.- PROGRAMA SIS DE LA SUBROUTINA  
PLOT.

1.4.1.- Resumen del algoritmo utilizado :

- 1.- Puesto que la expresión a graficar es de punto flotante, es necesario considerar en primer lugar el valor de su exponente.  
  
Si no es igual a 1 ó 2, se continúa en el paso 6.
- 2.- Se obtiene el mayor entero contenido en el valor a graficar ( n ).
- 3.- Si es mayor que 80 o es negativo, se continúa en el paso 6.
- 4.- Se escribe por medio de la máquina de escribir una constante alfanumérica que consta de n - 1 espacios en blanco, seguidos de un asterisco.
- 5.- Se continúa en el paso 7.
- 6.- Se escribe por medio de la máquina de escribir el mensaje  
ERROR PLOT.
- 7.- El valor de la expresión graficada se almacena en una sección especial de la memoria llamada "acumulador de punto - flotante", para poder proseguir los cálculos.
- 8.- Se regresa al programa principal.

1.4.2.- Listado del programa S P S.

01010	DORG5000	,	,	,
01020	CM 19829	,2	,610	,
01030	BNE ALFA	,	,0	,
01040	SM 19829	,8	,10	,
01050	TF CONST	,19829	,011	,
01060	AM 19829	,8	,10	,
01070	B BETA	,	,0	,
01080	DORG*-3	,	,	,
01090ALFA	CM 19829	,1	,610	,
01100	BE GAMA	,	,0	,
01101	SM 19829	,2	,10	,
01110	WATYERR	,	,0	,
01120	B DELTA	,	,0	,
01130	DORG*-3	,	,	,
01140GAMA	TDM CONST-1	,0	,0	,
01150	SM 19829	,9	,10	,
01160	TD CONST	,19829	,011	,
01170	AM 19829	,9	,10	,
01180	MF CONST-1	,CONST	,01	,
01190BETA	CM CONST	,80	,0:0	,
01200	BH ALFA+24	,	,0	,
02010	SM 19829	,2	,10	,
02020	BNF EPS	,19829	,011	,
02030	B ALFA+36	,	,0	,
02040	DORG*-3	,	,	,
02050EPS	S ETA+6	,CONST	,01	,
02060	S ETA+6	,CONST	,01	,
02070ETA	WATYA	,	,02	,
02080	TFM ETA+6	,A	,017	,
02090DELTA	TF 58	,19829	,11	,
02100	AM 19829	,2	,10	,
02110	TF 60	,19829	,11	,
02120	BB	,	,	,
02130	DORG*-7	,	,	,
02140A	DS 160	,	,	,
02150	DAC 50,	,	,	,
02160	DAC 31,	,	,	,
02170ERR	DAC 11,ERROR PLOT@,	,	,	,
02180CONST	DS 2	,	,	,
02190	DEND	,	,	,

,A-79\*2

\*@,A-9

### 1.4.3.- Observaciones al Listado del Programa :

En el listado del programa pueden hacerse las siguientes observaciones importantes :

- a) El estatuto 01010 define el origen de las subrutinas en la posición 5000. Esto se hace con el objeto de cumplir uno de los requisitos establecidos por el procesador de FORTRAN con FORMATO, así como por el de UTO FORTRAN.
- b) Los estatutos 01030, 01050, 01070, 01100, 01110, 01120, 01140, - 01160, 01180, 01190, 01200, 02020, 02030, 02050, 02060, 02070 y - 02080 se ensamblarán como una instrucción con un "flag" en la posición cero, mientras que las instrucciones correspondientes a los estatutos 01180, 02050, 02060 y 02080 tendrán un "flag" en la posición 1 ( de acuerdo con lo indicado en el tercer operando de dichos estatutos ).  
El propósito de estos "flags" es el de indicar al reubicador de subrutinas que la dirección del primero y/o el segundo operando son relativas al origen ( posiciones cero y /o uno ).
- c) Los estatutos 01020, 01040, 01050, 01060, 01090, 01101, 01150, - 01160, 01170, 02010, 02020, 02090, 02100, 02110, hacen referencia a la ubicación 19829. Esto se debe a que el nombre simbólico de la subrutina ILCT aparece en las posiciones 19820 a 19839 durante la fase de compilación, por lo que la dirección del valor a graficar aparecerá, en el momento de ejecución, en la ubicación 19829.
- d) Los estatutos 02090 y 02110 hacen referencia a las posiciones 58

y 60, que son las direcciones de la mantisa y el exponente del acumulador de punto flotante. En la subrutina añadida al procesador UTO FORTRAN dichas direcciones han sido substituídas por 57 y 59, ya que en este procesador el acumulador de punto flotante ocupa las posiciones 50 a 59.

A P E N D I C E 2

EJEMPLO DEL CALCULO DE LOS COEFICIENTES PARA LA DETERMINACION DE PENDIENTES Y ORDENADAS INICIALES DE LAS GRAFICAS.

Cálculo de la pendiente de la gráfica de factor de relación para la temperatura de bulbo húmedo de 60 °F.

De la Figura 6 se obtienen los siguientes valores :

Aproximación	Pendiente
5	.900
6	.902
8	.930
10	.948
14	.950
18	.987
22	.987
26	.987
30	.987

La ecuación que aplicará el programa es del tipo

$$\begin{aligned} \text{Pendiente} = P_0 + (A-5)P_1 + (A-6)P_2 + (A-8)P_3 + (A-10)P_4 \\ + (A-14)P_5 + (A-18)P_6 + (A-22)P_7 + (A-26)P_8 \end{aligned}$$

En donde

$$P_1 = \text{Coeficiente a determinar.}$$

A = Aproximación.

En esta ecuación se tomarán en cuenta los términos Nos. 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 sólo si la aproximación es mayor de 6, 8, 10, 14, 18, 22 y 26 •F.

En esta forma :

Para A = 5

$$.900 = P_0 + (5-5)P_1$$

de donde

$$P_0 = .900$$

Para A = 6

$$.902 = .900 + (6-5)P_1$$

de donde

$$P_1 = .002$$

Para A = 8

$$.930 = .900 + (8-5).002 + (8-6)P_2$$

de donde

$$P_2 = .012$$

Para A = 10

$$.948 = .900 + (10-5).002 + (10-6).012 + (10-8)P_3$$

de donde

$$P_3 = - .005$$

En forma similar se obtienen los demás coeficientes que son :

$$P_4 = - .0085$$

$$P_5 = .00875$$

$$P_6 = - .00925$$

$$P_7 = 0.0$$

