

11 870115
2ej

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROGRAMA DE COMPUTADORA PARA EL ANALISIS
DE REDES HIDRAULICAS

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

MANUEL ARTURO FLORES MEZA

GUADALAJARA, JAL., 1988



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

INDICE

NOMENCLATURA EMPLEADA.....	I
PROLOGO.....	1
CAPITULO I GENERALIDADES.....	2
CAPITULO II ANALISIS DE SISTEMAS DE TUBOS.....	7
2.1. RESISTENCIA AL FLUJO.....	7
2.1.1. Viscosidad.....	7
2.1.2. Número de Reynolds.....	9
2.1.3. Radio hidráulico.....	11
2.1.4. Rugosidad.....	11
2.1.5. Pérdidas primarias o de superficie.....	13
2.1.5.1. Ecuación general de las pérdidas primarias o de Darcy-Weisbach.....	13
2.1.5.2. Ecuación de Hazen-Williams.....	16
2.1.5.3. Ecuación de Manning.....	16
2.1.6. Pérdidas secundarias o de forma.....	18
2.1.7. Fundamentos de las bombas.....	21
2.1.7.1. Función de una curva caracterfsti- ca.....	23
2.2. REDES DE TUBERIAS.....	26
2.2.1. Método de Cross.....	26

NOMENCLATURA EMPLEADA

A	área hidráulica.
A_1	constantes de la función característica de una bomba
C_H	constante de Hazen-Williams
D, d	diámetro
du	diferencial de velocidad
dy	diferencial de tirante hidráulico
f	factor de fricción
g	aceleración de la gravedad normal o estandard
H	altura efectiva (bomba)
H_f, h_f	pérdidas primarias o por fricción
H_p	pérdidas totales
H_s	pérdidas secundarias o de forma
k_A	coeficiente de pérdida por accesorio
L	longitud
Le	longitud equivalente
n	coeficiente para Manning
P	perímetro mojado
Q	gasto
ΔQ	variación del gasto
R	constante
Re	número de Reynolds
Rh	radio hidráulico
SI	sistema internacional de unidades
UI	unidades del sistema inglés

v	velocidad media
α	constante
ε	rugosidad absoluta
ε_0	rugosidad absoluta del material nuevo
μ	viscosidad dinámica
ν	viscosidad cinemática
ρ	densidad del fluido
τ	esfuerzo cortante

PROLOGO

Dada la importancia y atractivo del tema de las computadoras en la ingeniería, inicié la elaboración de la presente tesis, aplicando la programación en la rama de la hidráulica.

Hago incapié en que el tema ya ha sido abordado por numerosos investigadores e ingenieros.

En nuestros días la computadora se ha convertido en un instrumento eficaz y barato que hace posible la elaboración de cálculos en forma sorprendente por lo rápido y exacto.

No pretendo abarcar en esta tesis íntegramente todos los aspectos concernientes al tema que me ocupa, por lo extenso del mismo; sino que quiero solamente dar a conocer los fundamentos de las fórmulas de fricción para tuberías, para poder llegar paso a paso hasta el método de Cross para redes cerradas y generalizarlo de tal manera que sea aplicable a sistemas abiertos. Tratando de que el método quede lo bastante claro para poder llegar a la elaboración del programa.

He puesto mi empeño en realizar un trabajo más aceptable, no solo para presentación sino con el deseo de superación que me fue inculcado en las aulas.

CAPITULO I

GENERALIDADES

Esencial para cualquier civilización es un abasto adecuado de agua; ya desde 312 antes de Cristo, los ingenieros-romanos empezaron a construir un sistema de agua en una escala antes vista. Hacia 226 d.C., once acueductos llevaban a Roma unos mil millones de litros de agua dulce al día, los cuales permitían la existencia de los preciosos baños públicos y las numerosas fuentes desbordantes de agua gratuita para su millón de habitantes.

De fuentes situadas en colinas distantes hasta 50 kms. el agua bajaba por gravedad por canales y conductos a un punto sobre la llanura romana, de donde pasaba a los puentes de arcos de piedra que le daban una pendiente uniforme. La presión de esos acueductos elevados impulsaba el agua entre una red de tubos de plomo y arcilla que corría bajo las calles de la ciudad.

En la antigüedad y hasta fines del siglo pasado se -- han hecho grandes obras de ingeniería debido a conocimientos empíricos.

Las investigaciones experimentales empezaron precisamente a mediados del siglo pasado y ya se trató de determinar matemáticamente el comportamiento de los fluidos.

Poiseuille, en 1846, fue el primero en determinar matemáticamente el factor, de fricción en flujo laminar y obtu

vo la ecuación para determinar dicho factor, que es:

$$f = \frac{64}{Re}$$

En 1850, Darcy, Weisbach y otros, dedujeron experimentalmente una fórmula para calcular en un tubo la pérdida por fricción:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$$

Osborne Reynolds en 1883 en base a sus experiencias - fue el primero que propuso el criterio para distinguir ambos tipos de flujo mediante el número que lleva su nombre, el -- cual permite evaluar la preponderancia de las fuerzas viscosas sobre las de inercia.

A partir de los resultados experimentales, acumulados hasta el año de 1913, Blasius llegó a la conclusión de que - existen dos tipos de fricción para el flujo turbulento en tu bos. El primero está asociado con tubos lisos donde los e-- efectos de la viscosidad predominan y el factor de fricción - depende del número de Reynolds. El segundo tipo se refiere a tubos rugosos donde la viscosidad y los efectos de la rug osidad influyen en el flujo, además de que el factor de fricción depende del número de Reynolds y de la rugosidad relati va.

En base a sus propias experiencias y con los datos ex perimentales de Saph y Schoder, Blasius formuló la siguiente

expresión para tubos lisos:

$$f = \frac{0.3164}{Re^k}$$

Años más tarde, Stanton y Pannell, después de investigar detalladamente el flujo del aire y del agua en tubos lisos de latón, encontraron que al llevar sus resultados a una gráfica, de f contra Re , los puntos se agrupaban en una curva que en la zona turbulenta, concuerda bastante con la fórmula de Blasius para $Re > 10^5$. Sin embargo, atrás de este límite existía una gran divergencia.

Las contribuciones más importantes las realizó Nikuradse, en Gotinga, alrededor de 1920. Este investigador obtuvo resultados de f contra Re , en tubos lisos que comprendían valores de $Re = 3 \times 10^6$, obteniendo la siguiente expresión:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log Re \sqrt{f} - 0.8$$

Nikuradse trabajó con tubos de rugosidad artificial - perfectamente verificada en el laboratorio, mediante granos unidos de arena de diferente distribución sobre la superficie interna del tubo. Una combinación de ξ y D , le permitieron establecer seis valores distintos de la rugosidad relativa ξ/D , que van de 1/30 hasta 1/1014. Además, obtuvo la ecuación que lleva su nombre, válida para tubos rugosos en la zona turbulenta y que es:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \frac{D}{2\xi} + 1.74$$

La evidencia experimental obtenida por Nikuradse proporcionó la información que Prandtl y Von Kármán necesitaron para apoyar y completar las fórmulas teóricas que definen el flujo turbulento en tubos lisos y rugosos.

Nikuradse tuvo algunas limitaciones debido a que era difícil correlacionar la rugosidad artificial uniforme, con el tipo irregular y ondulado de los tubos comerciales.

La rugosidad en tubos comerciales no es homogénea, razón por la cual es difícil de definir científicamente. Sin embargo, se puede caracterizar por un valor medio que, desde el punto de vista de pérdida, es equivalente a una rugosidad uniformemente distribuida. Conviene aclarar que en dicha rugosidad intervienen factores como la frecuencia y alineamiento de las juntas en los conductos de concreto y asbesto cemento, o bien el tipo de costura o de remachado en los tubos de acero y, finalmente, el efecto de incrustaciones y acumulaciones en los conductos, principalmente metálicos, por la acción corrosiva del agua.

Colebrook y White comprobaron los resultados Nikuradse, para las zonas laminar y turbulenta en tubos de rugosidad comercial. Sin embargo en la zona de transición encontraron discrepancias y presentaron la siguiente fórmula empírica:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{\text{Re}\sqrt{f}} \right)$$

Con base a estos resultados Moody preparó su diagrama

universal, que lleva su nombre, para determinar el coeficiente de fricción f en tuberías de rugosidad comercial que -- transportan cualquier líquido

En la actualidad, en las grandes concentraciones urbanas los sistemas de distribución de aguas forman intrincadas redes, de modo que el agua en un punto puede provenir de dos direcciones distintas.

Hardy Cross nació en E.U.A. en 1885 y murió en 1959. Fue profesor de ingeniería civil en el área de estructuras, primero en la Universidad de Illinois y después en la Universidad de Yale.

En 1936 creó un método de relajamientos o de pruebas y errores controlados para el análisis estructural y después lo trasladó al análisis hidráulico.

El método de Cross se puede adaptar a un programa de computadora, el cual realiza las operaciones en instantes, de modo que resuelven una complicada red de distribución resulta en la actualidad relativamente sencillo.

Aunque se han planteado diferentes procedimientos de solución con computadora en el análisis de redes de agua potable, el método de Cross es el más práctico, pues las dificultades de otros métodos consisten principalmente en que -- los sistemas de ecuaciones resultantes no son lineales.

CAPITULO II

ANALISIS DE SISTEMAS DE TUBOS

2.1. RESISTENCIA AL FLUJO.

2.1.1. Viscosidad.

Un fluido se define como aquella sustancia que se deforma continuamente cuando se le sujeta a un esfuerzo cortante, sin importar la magnitud de éste.

En forma diferencial

$$\tau = \mu \cdot \frac{du}{dy}$$

es la relación entre esfuerzo cortante y rapidez de deformación angular para un flujo unidimensional. El factor de proporcionalidad se llama viscosidad del fluido.

Un fluido real es aquel en que las irreversibilidades o pérdidas de energía son de importancia. Debido a que la viscosidad es la propiedad que ocasiona los esfuerzos cortantes en un flujo, constituye también uno de los medios para que se desarrollen las pérdidas.

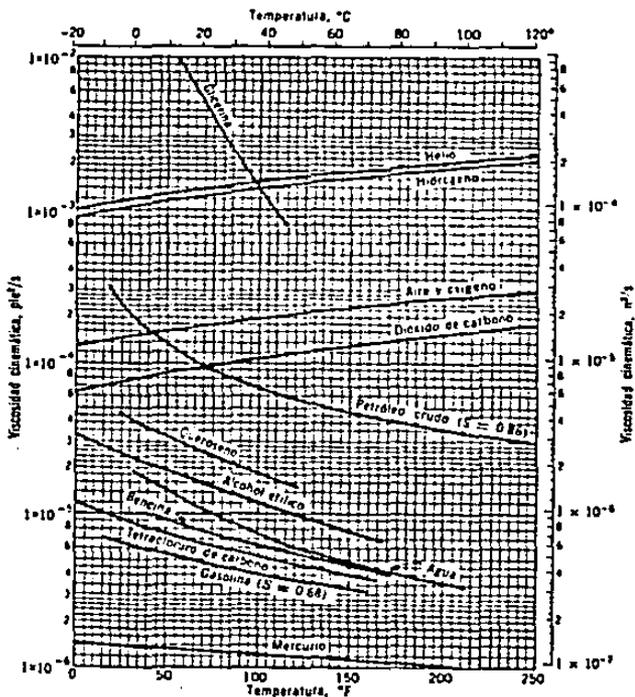
Al aumentar la temperatura la viscosidad de un líquido disminuye. La resistencia que un fluido ofrece al corte depende de las fuerzas de cohesión y la rapidez de la transferencia de cantidad de movimiento entre moléculas. La cohesión parece ser la causa predominante de la viscosidad en un líquido, y como la cohesión disminuye al incrementarse la temperatura, lo mismo le sucede a la viscosidad.

Para presiones ordinarias, la viscosidad es indepen--

diente de la presión y depende solo de la temperatura.

Frecuentemente se conoce a la viscosidad μ bajo el nombre de viscosidad absoluta o viscosidad dinámica, con el fin de diferenciarla de la viscosidad cinemática ν , que es el cociente de la viscosidad dinámica entre la densidad del fluido.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}$$



Viscosidades cinemáticas de algunos gases y líquidos. Los gases están a la presión estándar.

2.1.2. Número de Reynolds

Los regímenes de corriente se dividen en permanentes y variables y tanto unos como otros en uniformes y no uniformes. Todos ellos se refieren por decirlo así a la corriente observada macroscópicamente. La clasificación de los regímenes de corriente en laminar y turbulento se refiere a la corriente estudiada microscópicamente.

Para estudiar el problema de resistencia al flujo, resulta necesario requerir a la clasificación de los flujos y considerar las grandes diferencias de su comportamiento entre los flujos laminar y turbulento.

El movimiento en régimen laminar es ordenado, estratificado: el fluido se mueve como clasificado en capas que no se mezclan entre sí. En una tubería circular, el fluido se desplaza ordenadamente en capas anulares concéntricas que deslizan unas con otras con velocidad decreciente desde el eje (velocidad máxima) hasta la pared de la tubería (velocidad - cero).

El movimiento en régimen turbulento es caótico. Las partículas se mueven desordenadamente y las trayectorias de las partículas se entrecruzan formando pequeños remolinos aperiódicos.

No es menester que haya remolinos observables macroscópicamente para que se de movimiento turbulento, Macroscópicamente el movimiento puede ser suave y uniforme.

Osborne Reynolds (1883) fue el primero que propuso en

base a sus experimentos, el criterio para distinguir ambos tipos de flujo mediante el número que lleva su nombre, el cual permite evaluar la preponderancia de las fuerzas viscosas sobre las de inercia.

En el caso de un conducto cilíndrico a presión, el número de Reynolds se define así:

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

donde v es la velocidad media, D el diámetro del conducto y ν la viscosidad cinemática del fluido.

Cuanto mayor es el número de Reynolds menor es la importancia de la viscosidad, y viceversa.

Reynolds observó:

- Cuando el número de Reynolds, $Re \leq 2000$ la corriente era necesariamente laminar, si se producía alguna perturbación la turbulencia inicial quedaba enseguida amortiguada por la viscosidad y no se desarrollaba jamás un flujo turbulento.

En la actualidad se han alcanzado regímenes laminares con $Re \leq 40000$.

- Cuando el número de Reynolds, $Re > 12000$ la corriente era necesariamente turbulenta.

2.1.3. Radio hidráulico.

Tres conceptos geométricos de la sección de una conducción hidráulica muy importante en el cálculo de las pérdidas

das de fricción, son los siguientes:

Area hidráulica A , es decir, el área de la sección -- transversal ocupada por el líquido dentro del conducto.

Perímetro mojado P , que es el perímetro de la sección transversal del conducto en el que hay contacto del líquido con la pared (no incluye la superficie libre si ésta existe)

Radio hidráulico R_h , o sea la relación entre el área hidráulica y el perímetro mojado de la sección.

2.1.4. Rugosidad

Cuando la superficie de la pared de un conducto se -- amplifica, observamos que está formada por irregularidades -- o asperezas de diferentes alturas y con distribución irregu -- lar o aleatoria. Dicha característica es difícil de defi -- nir científicamente pues depende de factores como la altura media de las irregularidades de la superficie, la variación de la altura efectiva respecto de la altura media, etc.

Puesto que es prácticamente imposible tomar todo lo anterior en consideración, se admite que la rugosidad puede expresarse por la altura media de las asperezas (rugosidad -- absoluta), como un promedio obtenido del resultado de un -- cálculo con las características del flujo, más no propiamente por el obtenido como la media de las alturas determina -- das físicamente de la pared, en cada conducción. Es más im -- portante la relación que la rugosidad absoluta guarda con -- el diámetro del tubo, esto es, la relación ϵ/D , que se co --

noce como rugosidad relativa.

Los valores de ϵ_0 para los diferentes materiales pueden obtenerse a partir de la tabla siguiente:

Tipo de tubería	Rugosidad absoluta — ϵ (mm)	Tipo de tubería	Rugosidad absoluta — ϵ (mm)
Vidrio, cobre o latón estirado..	< 0.001 (o lisa)	Hierro galvanizado.....	0.15 a 0.20
Latón industrial.....	0.025	Fundición corriente nueva...	0.25
Acero laminado nuevo.....	0.05	Fundición corriente oxidada..	1 a 1.5
Acero laminado oxidado.....	0.15 a 0.25	Fundición asfaltada.....	0.1
Acero laminado con incrustaciones.....	1.5 a 3	Cemento alisado.....	0.3 a 0.8
Acero asfaltado.....	0.015	Cemento bruto.....	Hasta 3
Acero roblonado.....	0.03 a 0.1	Acero roblonado.....	0.9 a 9
Acero soldado, oxidado.....	0.4	Duelas de madera.....	0.183 a 0.91

Los valores de la tabla son un tanto imprecisos, por lo cual el valor f obtenido, que puede tener un error de 5- por 100 en tuberías lisas, puede llegar a 10 por 100 en tuberías rugosas.

La variación de la rugosidad con el tiempo es aún -- más imprecisa. Puede utilizarse la fórmula de Colebrook:

$$\epsilon = \epsilon_0 + \alpha t$$

donde ϵ_0 es la rugosidad absoluta del material nuevo.

Con el valor de ϵ_0 de la tabla y con el valor de la rugosidad ϵ obtenido experimentalmente en un tiempo cualquiera t , se calcula α , que luego puede tomarse como constante.

2.1.5. Pérdidas primarias o de superficie.

Las pérdidas de carga en las tuberías son de dos clases: primarias y secundarias.

Las pérdidas primarias son las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería (capa límite) rozamiento de unas capas de fluido con otras (régimen laminar) o de las partículas de fluido entre sí (régimen turbulento). - Tienen lugar en flujo uniforme, por lo tanto principalmente en los tramos de tubería de acción constante.

2.1.5.1. Ecuación general de las pérdidas primarias - de Darcy-Weisbach.

A fines del siglo pasado experimentos realizados con tuberías de agua de diámetro constante demostraron que la pérdida de carga era directamente proporcional al cuadrado de la velocidad media en la tubería y a la longitud de la tubería e inversamente proporcional al diámetro de la misma. La fórmula fundamental que expresa lo anterior es:

$$H_p = \frac{f L v^2}{D 2g}$$

donde: H_p = pérdida de carga primaria.
 f = coeficiente de pérdida de carga primaria.
 L = longitud de la tubería
 v = velocidad media del fluido.

D = diámetro de la tubería

En las tuberías rugosas

- Si el número de Reynolds es bajo $Re < 2000$ ó $Re > 2000$ pero de manera que el flujo sea laminar, la rugosidad no influye en la pérdida de carga y

$$f = F(Re)$$

- Si el número de Reynolds es elevado por el contrario, f deja de ser función de Re y se tiene:

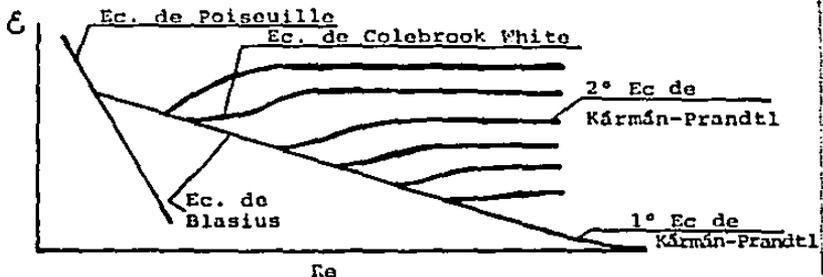
$$f = F(\epsilon/D)$$

- Si el número de Reynolds tiene un valor intermedio se tendrá en general

$$f = F(Re, \epsilon/D)$$

La tabla mostrada en la página siguiente, muestra las fórmulas para calcular el coeficiente f para tubos comerciales.

Dicha tabla equivale al diagrama de Moody:



Tuberías	Régimen	Fórmula	Autor
lisas y rugosas	laminar	$f = \frac{64}{Re}$	Poiseuille
Lisas	turbulento (1) $Re < 100\,000$	$f = \frac{0,316}{Re^{1/4}}$	Blasius
Lisas	turbulento (1) $Re > 100\,000$	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} (Re \sqrt{f}) - 0,8$	Kármán-Prandtl (primera ecuación)
rugosas	turbulento (zona de transición)	$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{\ell/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$	Colebrook
rugosas	turbulento (zona final)	$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \frac{D}{\ell} + 1,74$	Kármán-Prandtl (segunda ecuación)

(1) La corriente no pasa bruscamente de laminar a turbulenta. Hay una zona en que el régimen puede ser mixto.

2.5.1.2. Ecuación de Hazen - Williams

La fórmula de Hazen-Williams para el flujo de agua a través de tubos, a temperaturas ordinarias, es de la forma

$$H_p = \frac{R Q^n L}{D^m}$$

Donde R está dado por: $R = \frac{4.727}{C^n}$ Unidades inglesas

$$R = \frac{10.675}{C^n} \text{ Unidades del S.I.}$$

donde $n = 1.842$ y $m = 4.8704$ y C depende de la rugosidad, -- como se presenta en la siguiente tabla:

MATERIAL	Ch
Tubos rectos extremadamente lisos; cemento de asbesto	140
Tubos muy lisos, concreto, fierro fundido nuevo	130
Madera cepillada; acero soldado nuevo	120
Arcilla vitrificada; acero renachado nuevo	110
Fierro fundido con varios años de uso	100
Acero renachado con varios años de uso	95
Tuberías viejas en mala condición	60 a 80

2.1.5.3. Ecuación de Manning

La fórmula de Manning considerada como la más satisfactoria para flujo uniforme en condiciones abiertas, también puede proporcionar buenos resultados en la práctica, es cogiendo un coeficiente de Manning adecuado.

La fórmula de Manning se puede obtener de la ecuación de Chezy, escribiendo

$$C = \frac{C_m}{n} \cdot R^{1/6} \quad (1)$$

siendo la de Chezy: $v = C \sqrt{RS}$ (2)

$$\text{de (1) en (2)} \quad v = \frac{C_m}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

multiplicando por el área a ambos lados y substituyendo el radio hidráulico para una sección llena $R = D/4$ y $S = H/L$ despejamos H y tenemos:

$$H = \frac{n^2 L Q^2}{(0.3117)^2 D^{16/3}} \quad \text{Unidades del S.I.}$$

$$H = \frac{n^2 L Q^2}{(0.4631)^2 D^{16/3}} \quad \text{Unidades inglesas}$$

En un principio se pensó que el coeficiente n era un coeficiente de rugosidad absoluta, esto es, dependiente sólo de la rugosidad de la superficie, pero en realidad se ha visto que depende, de alguna manera desconocida, del tamaño y de la forma de la sección transversal del canal.

La tabla proporciona valores de n obtenidos experimentalmente:

MATERIAL	FACTOR n
Concreto acabado	0.012
Concreto sin acabado	0.014
Fierro fundido	0.015
Acero para remaches	0.018
Metal corrugado	0.022
Tubos PVC	0.0019

2.1.6. Pérdidas secundarias o resistencia de forma

Las pérdidas llamadas secundarias tienen lugar en los llamados cambios de sección y dirección de la corriente, en las contracciones, ensanchamientos, codos, diafragmas, válvulas de diferentes tipos, etc.; en general en todos los accesorios de tuberías. Estos elementos producen una perturbación de la corriente que origina remolinos y desprendimientos, que intensifican las pérdidas.

Si la conducción es corta (relativamente), las llamadas pérdidas secundarias pueden ser más importantes.

Se admite generalmente que si la longitud de la tubería es mayor que 1000 diámetros el error en que se incurre - despreciando las pérdidas secundarias es menor que el error en que se incurre al calcular el valor de f para la ecuación de Darcy Weisbach. Así por ejemplo, una válvula puede ocasionar una pérdida pequeña y despreciable cuando está totalmente abierta; sin embargo, cuando está parcialmente abierta, - puede ser la pérdida más importante del sistema.

Las pérdidas secundarias se pueden calcular por dos métodos:

- Primer método: por una fórmula especial y un coeficiente - de pérdidas adimensional de pérdidas secundarias:

$$H_s = k_A \frac{v^2}{2g}$$

donde: H_s - pérdida de carga secundaria
 k_A - coeficiente adimensional de pérdida secundaria
 v - velocidad media en la tubería

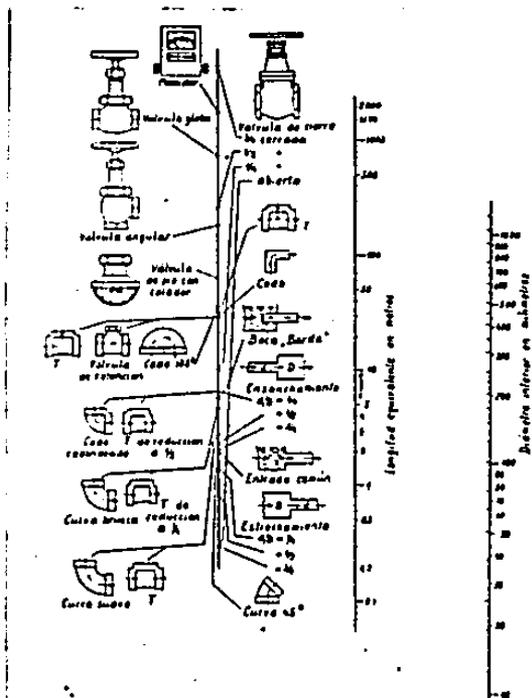
- Segundo método: por la misma fórmula de las pérdidas primarias, sustituyendo en dicha fórmula la longitud de la tubería, L por la longitud equivalente L_e del mismo diámetro - que produciría las mismas pérdidas de carga que los accesorios en cuestión.

Por ejemplo para Darcy-Weisbach quedaría de la siguiente forma:

$$H_p = f \frac{(L - \sum L_e)}{D} \frac{v^2}{2g}$$

El nomograma siguiente es un ejemplo de aplicación de este método.

Este último método es el ideal para usarse en este caso para no complicar más el programa con el primer método y debido a que el coeficiente varía con la velocidad y se tendrían muchos problemas para controlar todos los tipos de accesorios.



Nomograma de pérdida de carga secundaria de la firma Gould Pumps, U.S.A.

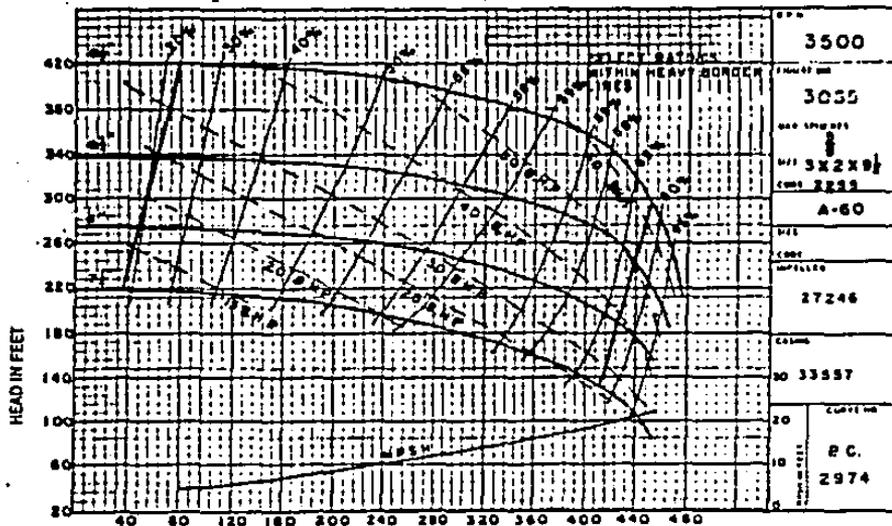
2.1.7 Fundamentos de las bombas

Una bomba es un elemento que aumenta la energía del fluido al efectuar trabajo continuamente sobre él.

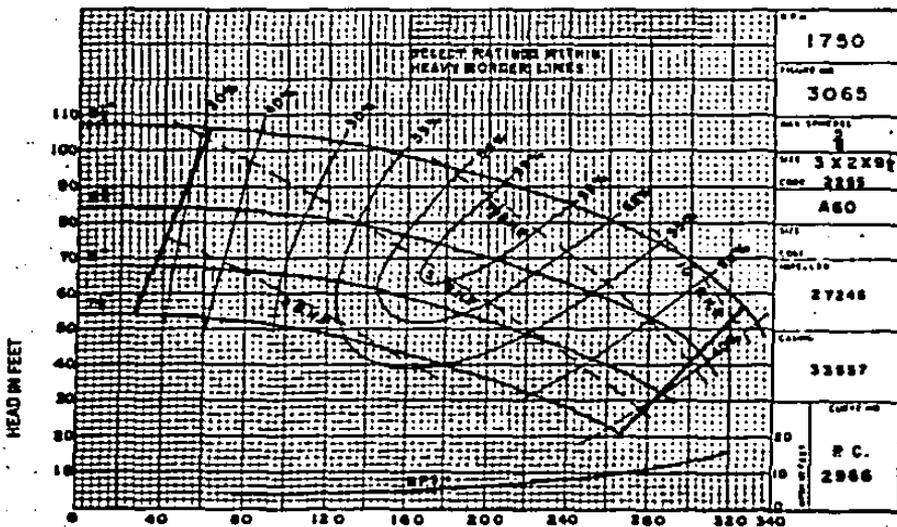
Proporciona una pérdida de carga negativa igual a la elevación de carga que ella proporciona durante su operación

Su funcionamiento puede ser mostrado gráficamente en una curva característica.

La figura muestra una curva característica tal como la suministra el fabricante. Es una curva compuesta la cual expresa lo que la bomba podría hacer en una velocidad dada con varios diámetros e impulsores. Las líneas de potencia constante, eficiencia y carga de succión neta positiva son puestas sobre varias curvas de carga.



CURVES SHOW PERFORMANCE WITH LIQUID HAVING SPECIFIC GRAVITY - 1.0, VISCOSITY - 30 SSU



2.1.7.1. Función de una curva característica.

Al utilizar el programa necesitamos conocer el gasto, para que de esta manera podamos obtener la carga, la cual obtendremos con la curva característica de la bomba.

El método de Cross es de revisión del problema, o mejor dicho, de revisión; por lo que conocemos el equipo instalado en la red. El fabricante proporciona las curvas características de la bomba, y para poder usar las curvas dentro del programa necesitamos la función de la curva de la bomba.

Si la curva de carga contra gasto de la bomba se expresa como la ecuación cúbica

$$H = A_0 + A_1 Q + A_2 Q^2 + A_3 Q^3$$

donde A es la carga para gasto cero de la bomba. El valor de las demás constantes se obtienen a partir de lo siguiente

H	H_0	H_1	H_2	H_3
Q	0	ΔQ	$2\Delta Q$	$3\Delta Q$

donde ΔQ es la variación del gasto.

Para obtener los coeficientes A_1 procedemos de la siguiente manera:

$$(1) \quad H = A_0 + A_1 Q + A_2 Q^2 + A_3 Q^3$$

si $Q = 0$ sust. em (1)

$$H = A_0 + A_1(0) + A_2(0)^2 + A_3(0)^3$$

pero $H = H_0$

$$(2) \quad H_0 = A_0$$

si $Q = \Delta Q$ sust. en (1)

$$H = A_0 + A_1 \Delta Q + A_2 \Delta Q^2 + A_3 \Delta Q^3$$

$$H = H_0 + A_1 \Delta Q + A_2 \Delta Q^2 + A_3 \Delta Q^3$$

pero $H = H_1$

$$(3) \quad H_1 = H_0 + A_1 \Delta Q + A_2 \Delta Q^2 + A_3 \Delta Q^3$$

si $Q = 2\Delta Q$ sust. en (1)

$$H = A_0 + A_1(2\Delta Q) + A_2(2\Delta Q)^2 + A_3(2\Delta Q)^3$$

$$H = A_0 + 2A_1 \Delta Q + 4A_2 \Delta Q^2 + 8A_3 \Delta Q^3$$

pero $H = H_2$

$$(4) \quad H_2 = H_0 + 2A_1 \Delta Q + 4A_2 \Delta Q^2 + 8A_3 \Delta Q^3$$

si $Q = 3\Delta Q$ sust. (1)

$$H = A_0 + A_1(3\Delta Q) + A_2(3\Delta Q)^2 + A_3(3\Delta Q)^3$$

$$H = A_0 + 3A_1 \Delta Q + 9A_2 \Delta Q^2 + 27A_3 \Delta Q^3$$

pero $H = H_3$

$$(5) \quad H_3 = H_0 + 3A_1 \Delta Q + 9A_2 \Delta Q^2 + 27A_3 \Delta Q^3$$

despejando para cada ecuación tenemos:

$$(5) \quad A_3 = \frac{H_3 - H_0 - 3A_1 \Delta Q - 9A_2 \Delta Q^2}{27 \Delta Q^3}$$

$$(4) \quad A_2 = \frac{H_2 - H_0 - 2A_1 \Delta Q - 8A_3 \Delta Q^3}{4 \Delta Q^2}$$

$$(3) \quad A_1 = \frac{H_1 - H_0 - A_2 \Delta Q^2 - A_3 \Delta Q^3}{\Delta Q}$$

$$(2) \quad A_0 = H_0$$

de (3) y (2) en (4)

$$(6) \quad A_2 = \frac{H_2 - 2H_1 + H_0 - 3A_3 \Delta Q}{2 \Delta Q^2}$$

de (3) y (6) en (5)

$$(7) \quad A_3 = \frac{H_3 - 3H_2 + 3H_1 - H_0}{6 \Delta Q^3}$$

Para el cálculo de las constantes lo haremos escalonadamente, empezando a sustituir (7) en (6), después (7) en (4), (4) y (7) en (3), quedando por fin:

$$A_0 = H_0$$

$$A_3 = (H_3 - 3(H_2 - H_1) - H_0) / (6 \Delta Q^3)$$

$$A_2 = (H_2 - 2H_1 + H_0) / (2 \Delta Q^2 - 3A_3 \Delta Q)$$

$$A_1 = (H_1 - H_0) / \Delta Q - A_2 \Delta Q - A_3 \Delta Q^2$$

2.2. REDES DE TUBERIAS

2.2.1. Método de Cross

Las redes de distribución de agua urbanas forman ramificaciones complicadas, que se cierran formando mallas, de manera que el agua en un punto puede venir por dos direcciones distintas, lo que presenta la ventaja de no interrumpir el suministro, aún en el caso de reparaciones.

En una red de tuberías, se han de satisfacer las siguientes condiciones:

1. La suma algebraica de las caídas de presión alrededor de un circuito deberá ser cero.
2. El gasto que llega a cada unión debe ser igual al que sale de ella.
3. Para cada tubería, deberá satisfacerse la ecuación de Darcy-Weisbach u otra fórmula equivalente de fricción de tipo exponencial; con lo que se da a entender que para cada tubería se debe mantener la pérdida adecuada de carga y -gasto.

De acuerdo con el método de Hardy Cross, se supone -- que el gasto es a través de cada tubería, de tal manera que satisface la ecuación de continuidad en cada unión; después de lo anterior se calcula una corrección para el gasto en cada circuito, haciendo que éstos queden mejor balanceados.

Las pérdidas menores quedan incluidas como longitudes

equivalentes en cada tubería.

Generalmente se utilizan fórmulas exponenciales para las pérdidas de carga, del tipo $H_f = rQ^n$. El valor de r es una constante para cada tubería, $r = \frac{R L}{D^m}$, (a menos que se utilice Darcy-Weisbach) y se determina previamente al balance de circuitos.

El término de corrección se determina como sigue:

Para cualquier tubería en que Q_0 es el gasto supuesto inicialmente,

$$(1) \quad Q = Q_0 + \Delta Q$$

donde Q es el gasto correcto y ΔQ es el término de corrección. Por tanto, para cada tubería,

$$(2) \quad H_f = rQ^n = r(Q_0 + \Delta Q)^n = r(Q_0^n + nQ_0^{n-1}\Delta Q + \dots)$$

Si ΔQ es pequeño con respecto a Q_0 se pueden desprestigiar todos los términos en la serie posteriores al segundo.

Ahora bien, para un circuito se tiene (la condición)

$$\sum H_f = \sum r_i |Q_i|^{n-1} = \sum r_i Q_i |Q_0|^{n-1} + \Delta Q \sum r_i n \cdot |Q_0|^{n-1} = 0$$

donde ΔQ se ha sacado como factor común como si fuera el mismo para todos los tubos del circuito; los símbolos de valor absoluto se han colocado para tener en cuenta la dirección de la suma alrededor del circuito.

La última ecuación se resuelve para ΔQ en cada circuito de la red,

$$(2) \quad \Delta Q = - \frac{\sum r Q_0 |Q_0|^{n-1}}{\sum nr |Q_0|^{n-1}}$$

Al aplicar ΔQ a cada tubería en un circuito, de acuerdo con la ecuación (1) es importante tener en cuenta la dirección es decir, ΔQ se suma a los gastos de los tubos si se procede en el sentido de las manecillas del reloj y se resta si se procede en sentido contrario.

Los pasos del procedimiento airtmético se pueden enlistar como sigue:

1. Suponer la mejor distribución de gastos que satisfaga la ecuación de continuidad, examinando cuidadosamente la red.
2. Calcular tanto la pérdida de carga $H_f = rQ_0^n$ en cada tubo, como la pérdida de carga neta alrededor de cada circuito elemental.

$$\sum H_f = \sum r Q_0 |Q_0|^{n-1}$$

(esta pérdida deberá ser cero para un circuito balanceado)

3. Calcular $\sum nr |Q_0|^{n-1}$ para cada circuito
4. Calcular el gasto correctivo ΔQ en cada circuito, mediante la ecuación (2).
5. Calcular los gastos revisados, mediante la ecuación (1)
6. Repetir el procedimiento, comenzando con los gastos revisados, hasta lograr la precisión deseada.
7. Una vez determinada la distribución, se deben utilizar -- los valores reales de r y Q para encontrar una pérdida de carga en particular.

En el caso de sistemas con varias cargas de presión - fijas se pueden crear seudocircuitos, con el fin de tener en cuenta los gastos de alimentación y descarga en los depósitos y, al mismo tiempo, satisfacer la ecuación de continuidad durante el balance. Un seudocircuito se puede formar mediante una tubería imaginaria que conecte un par de depósitos de presión fija. A través de estas tuberías imaginarias no se tiene gasto alguno, pero son tales que mantienen fija la caída de presión en la línea de cargas piezométricas, igual a la diferencia de nivel entre las superficies libres - de los depósitos.

CAPITULO III

DIAGRAMA DE FLUJO

3.1. ALGORITMO DEL PROGRAMA PRINCIPAL

El programa está escrito en BASIC y se describe como sigue:

1. Entrada de datos invariables para el programa, si la tubería es lisa, si se utilizara impresora, el número máximo de iteraciones, sistema de unidades, tolerancia, etc.
2. Según el tipo de unidades escogido el programa tomará las constantes respectivas para cada fórmula de fricción.
3. Llamará al archivo donde están almacenados los datos de los elementos, estos datos estarán clasificados según el tipo de elemento, ya sea si es tubo, bomba o pseudocircuito.
4. Calculará las constantes que servirán a lo largo de todo el programa y se almacenarán en el vector CAR, como podrían ser las constantes de las curvas de las bombas, las constantes de las fórmulas de fricción. El vector CAR tiene reservados siete espacios para cada elemento, de modo que para el elemento número seis se tienen las posiciones desde la 36 a la 42.
5. Se introducirán en el vector SUB los subíndices o elementos que conforman cada uno de los circuitos. Se escribirá el número de elementos de cada circuito y en seguida - cada uno de los elementos con su signo respectivo, según-

si el flujo supuesto está en contra de las manecillas (-) o en sentido de las manecillas (+), se procede igual hasta agotar todos los circuitos y al final se coloca el número cero.

6. Empezará a hacer el balance de pérdidas y calcular las correcciones con el método de Cross de manera que se obtengan los gastos reales, que serían los obtenidos hasta agotar el número de iteraciones asignadas o llegar a la tolerancia deseada, lo que suceda primero.

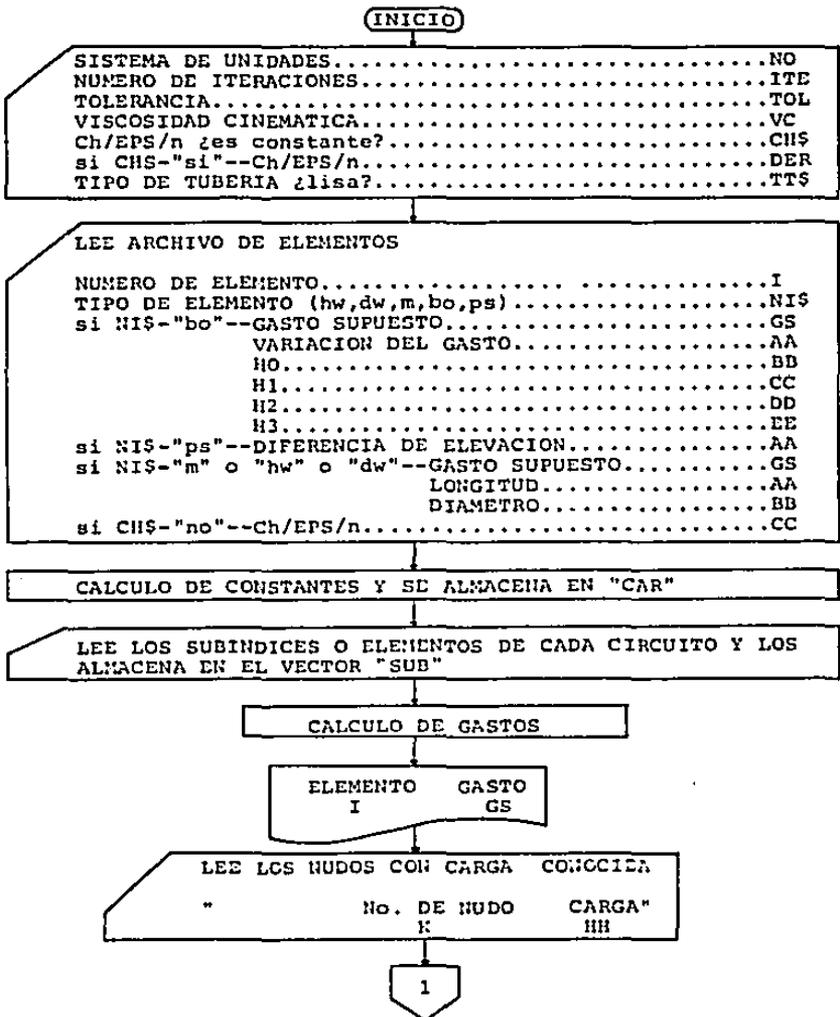
Si la fórmula de fricción empleada es la de Darcy-Weisbach se recurrirá a la subrutina que contiene las fórmulas del diagrama de Moody.

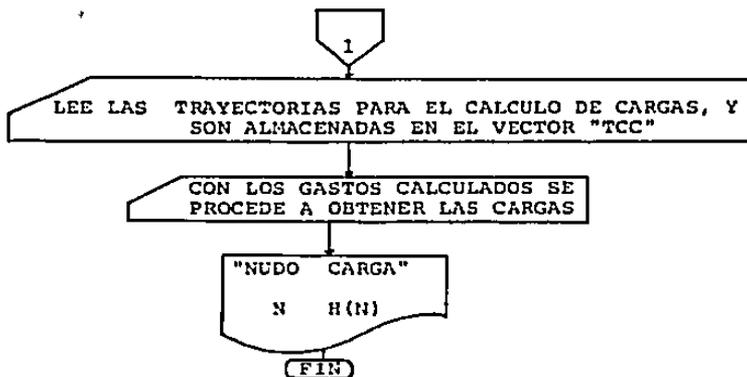
7. Una vez calculados los gastos los imprimirá.
8. Se introducen los nudos cuyas cargas son conocidas.
9. Entrada de trayectorias para el cálculo de cargas y almacenada en el vector TCC. Los datos se introducirán colocando al principio un nudo cuya carga sea conocida y en seguida un elemento y después el siguiente nudo, elemento nudo, etc., así hasta terminar la trayectoria. Al terminar cada trayectoria se colocará el número cero. Si se desea otra trayectoria se procede de manera semejante y si no se desea se coloca otro cero. Los elementos llevarán el signo (-) si el flujo supuesto del elemento está en contra de la trayectoria.
10. Calculará las pérdidas reales en cada nudo, pues ya se conocen los gastos reales y si la fórmula deseada es la-

de Darcy-Weisbach irá a la subrutina de Moody.

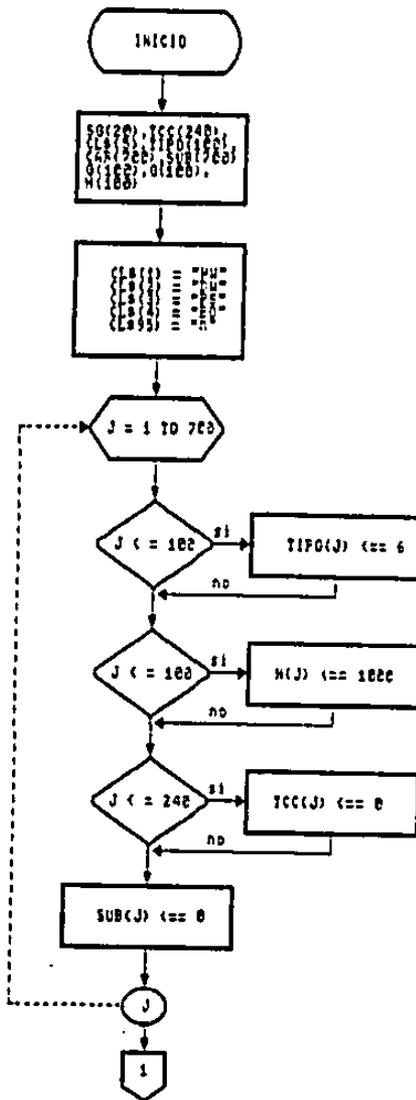
11. Impresión de resultados.

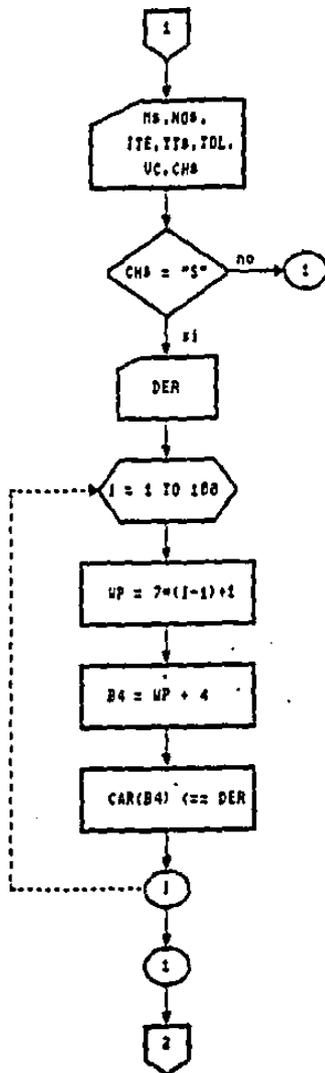
3.2. VARIABLES PRINCIPALES DEL PROGRAMA

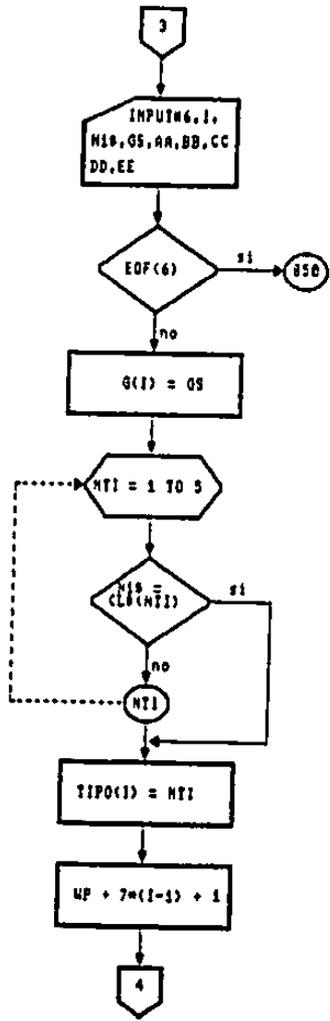


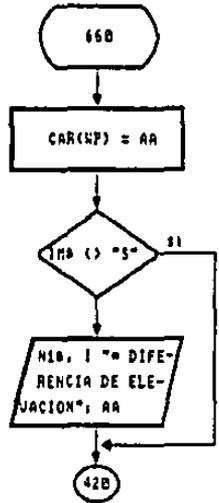
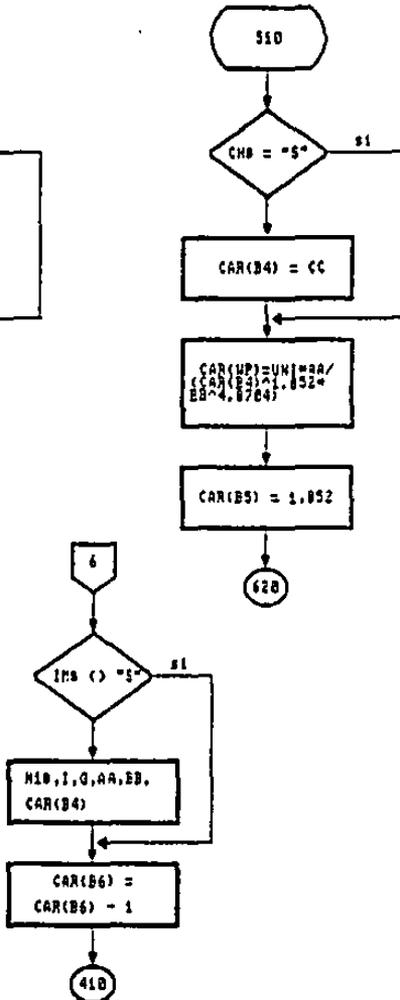
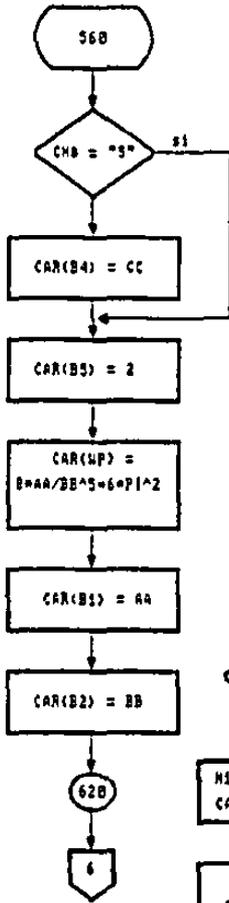


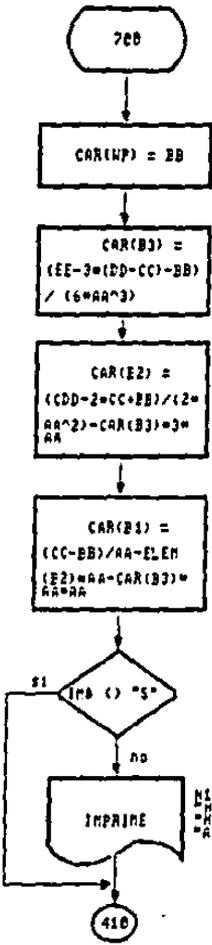
3.2.1. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA



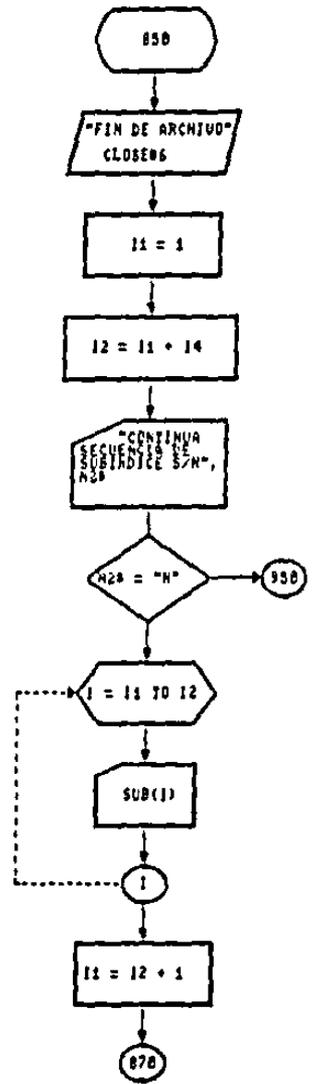
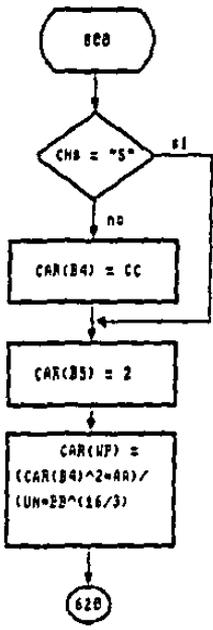


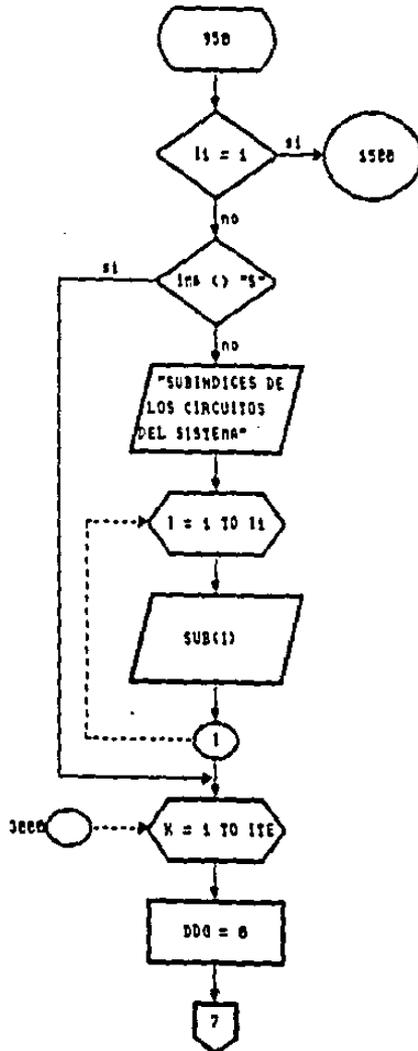


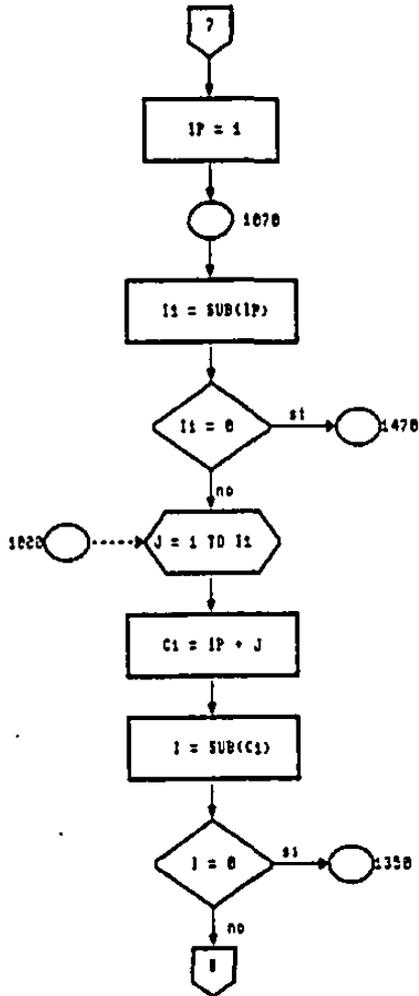


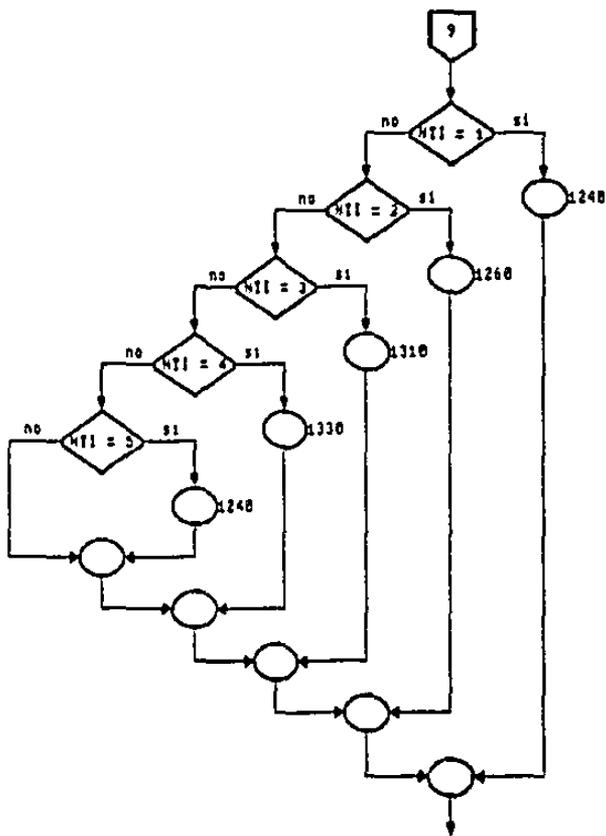
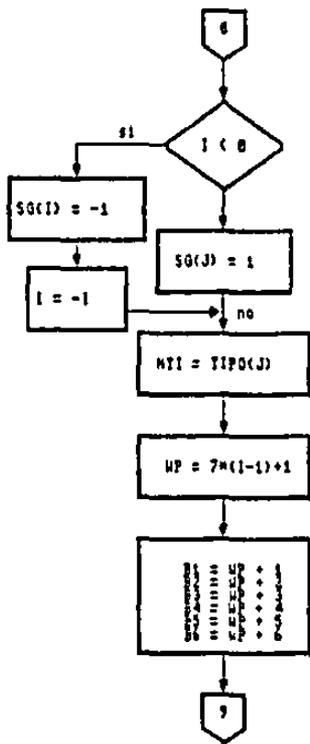


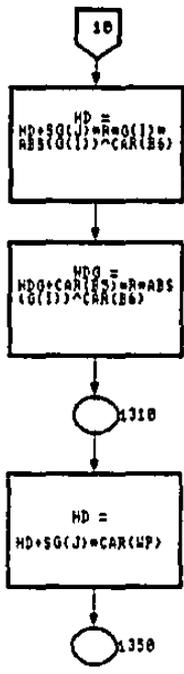
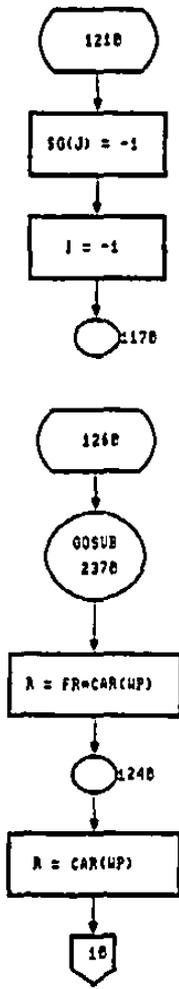
N58 I = "CURVA DE LA BOMBA" AA
 = NO
 N59 I = " " AA
 = NO
 N60 I = " " AA
 = NO
 N61 I = " " AA
 = NO
 N62 I = " " AA
 = NO
 N63 I = " " AA
 = NO
 N64 I = " " AA
 = NO
 N65 I = " " AA
 = NO
 N66 I = " " AA
 = NO
 N67 I = " " AA
 = NO
 N68 I = " " AA
 = NO
 N69 I = " " AA
 = NO
 N70 I = " " AA
 = NO
 N71 I = " " AA
 = NO
 N72 I = " " AA
 = NO
 N73 I = " " AA
 = NO
 N74 I = " " AA
 = NO
 N75 I = " " AA
 = NO
 N76 I = " " AA
 = NO
 N77 I = " " AA
 = NO
 N78 I = " " AA
 = NO
 N79 I = " " AA
 = NO
 N80 I = " " AA
 = NO
 N81 I = " " AA
 = NO
 N82 I = " " AA
 = NO
 N83 I = " " AA
 = NO
 N84 I = " " AA
 = NO
 N85 I = " " AA
 = NO
 N86 I = " " AA
 = NO
 N87 I = " " AA
 = NO
 N88 I = " " AA
 = NO
 N89 I = " " AA
 = NO
 N90 I = " " AA
 = NO
 N91 I = " " AA
 = NO
 N92 I = " " AA
 = NO
 N93 I = " " AA
 = NO
 N94 I = " " AA
 = NO
 N95 I = " " AA
 = NO
 N96 I = " " AA
 = NO
 N97 I = " " AA
 = NO
 N98 I = " " AA
 = NO
 N99 I = " " AA
 = NO
 N100 I = " " AA
 = NO

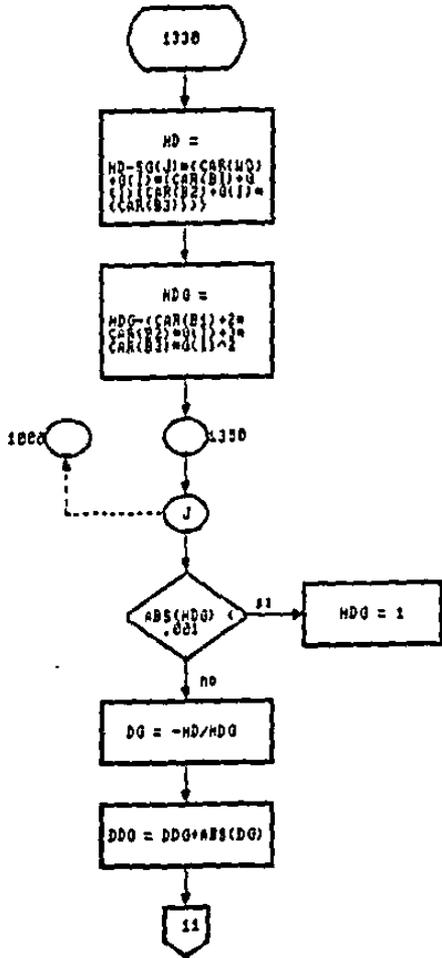


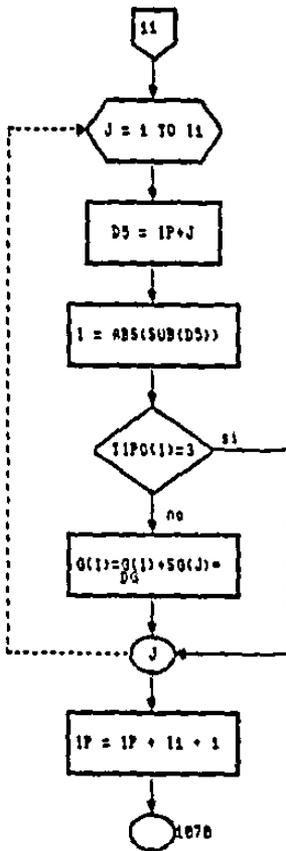


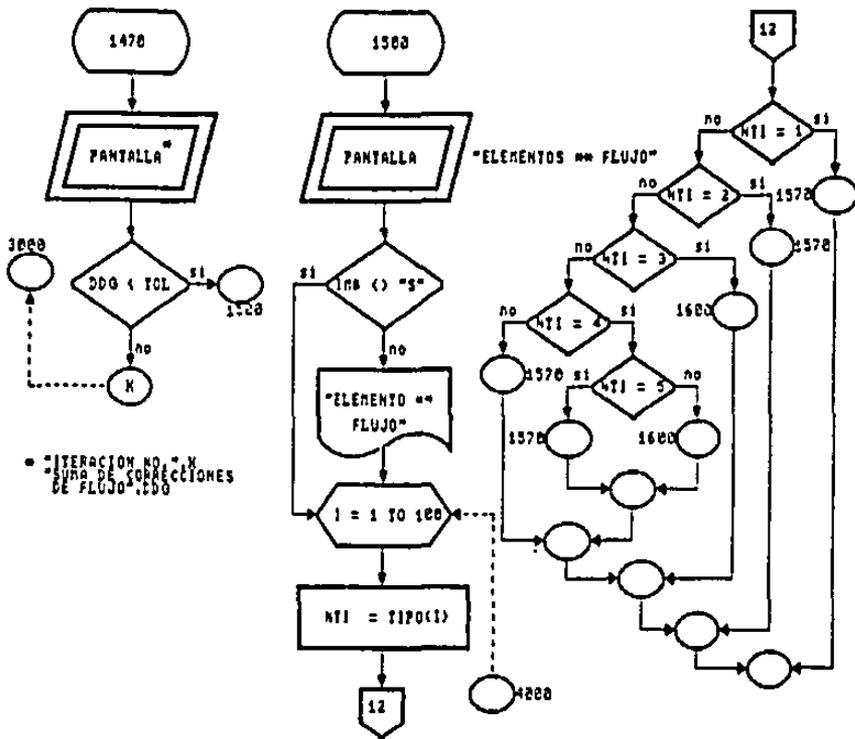


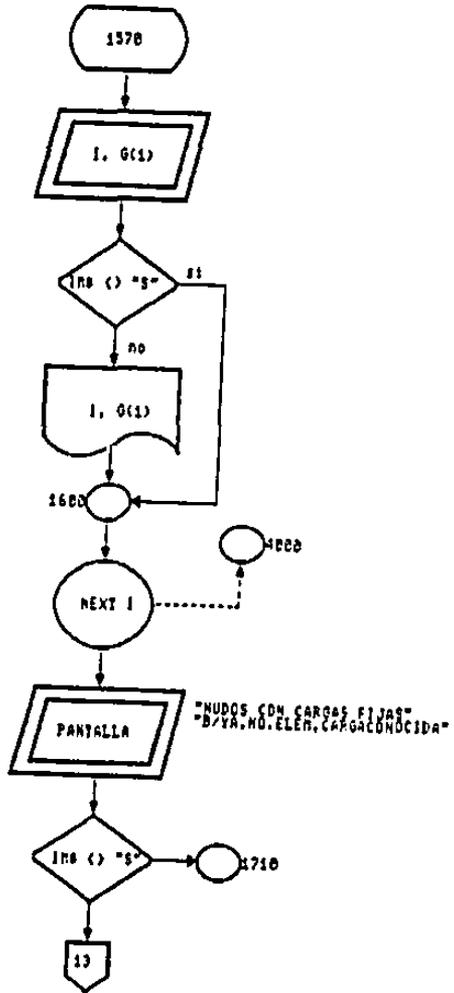


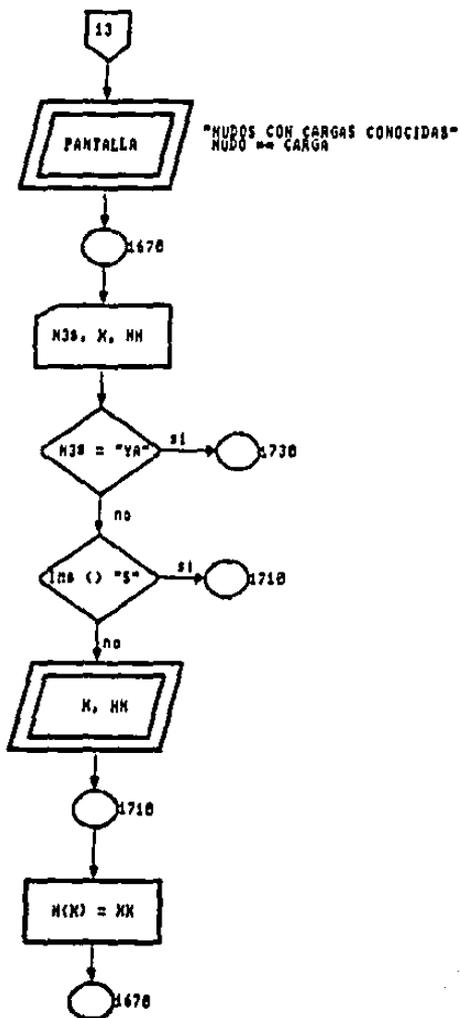


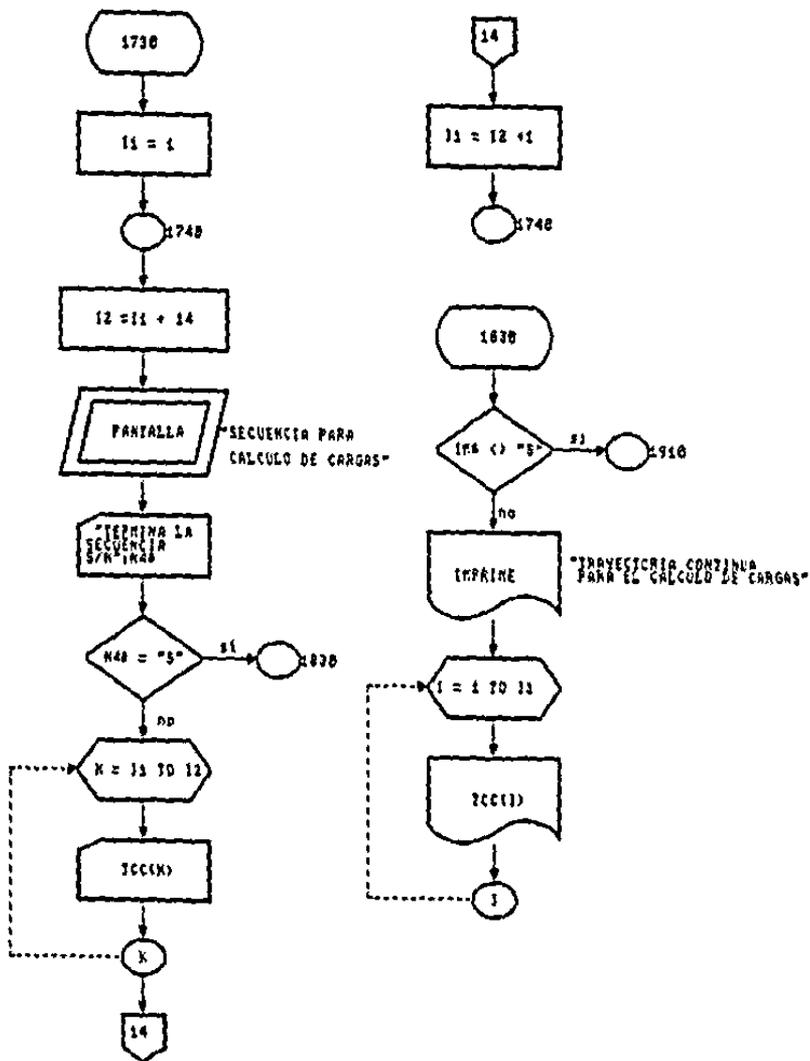


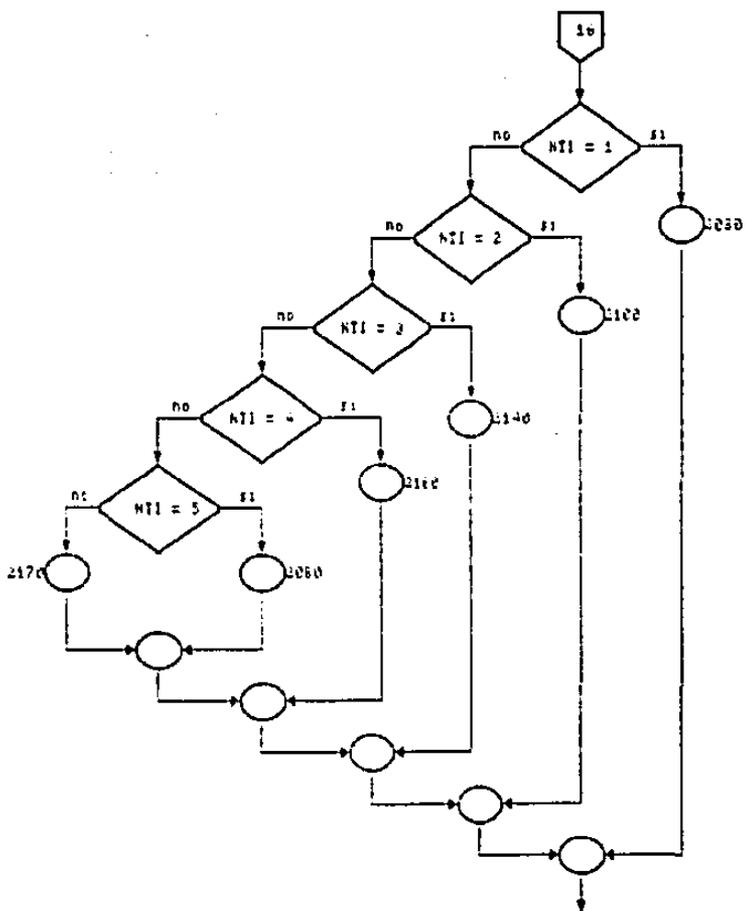


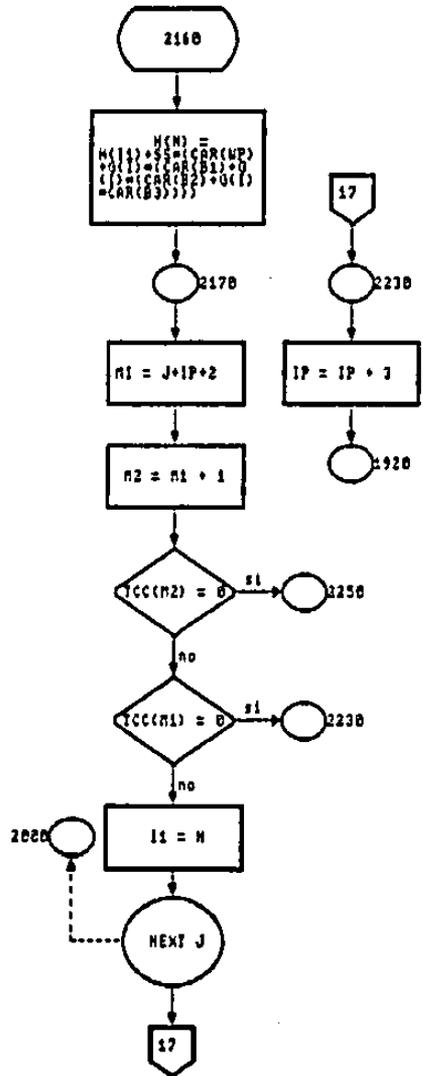
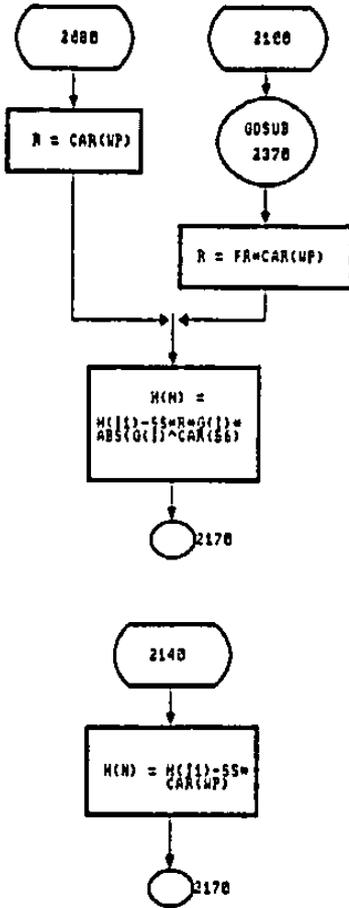


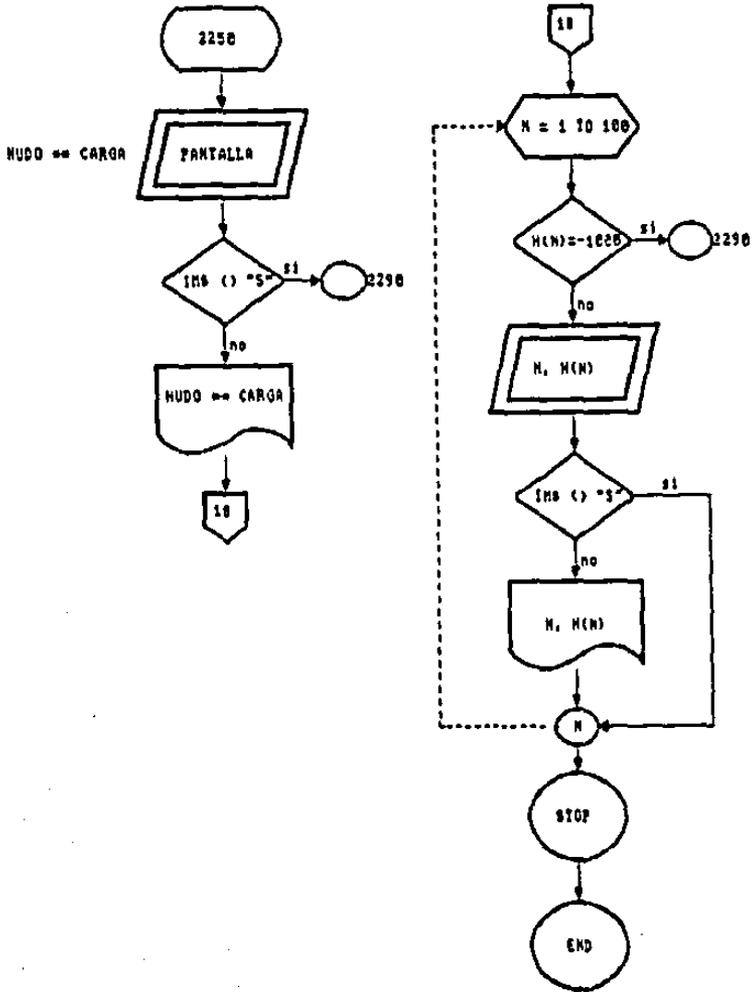




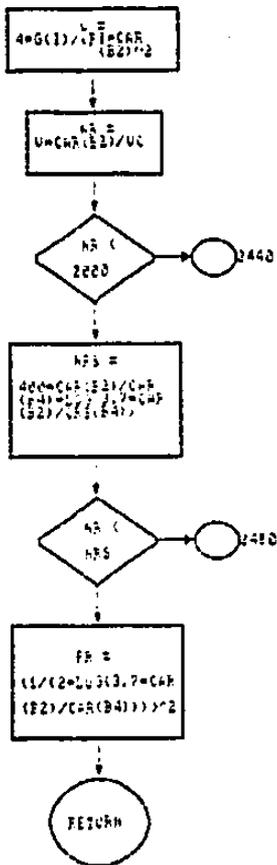


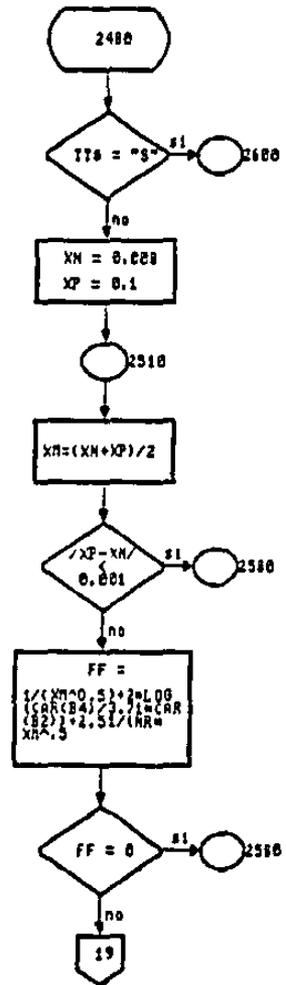
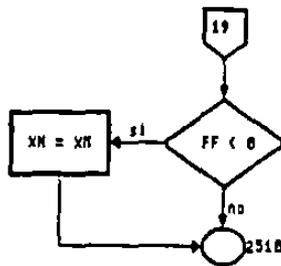
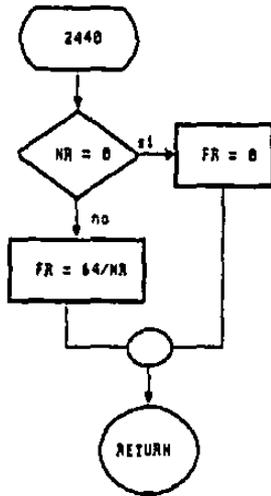


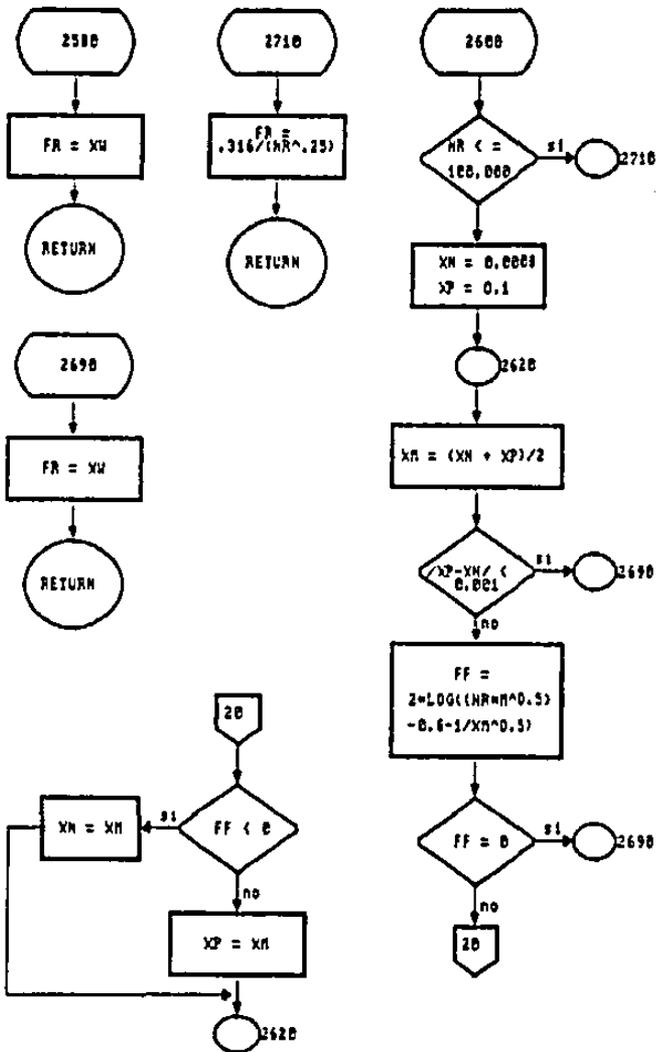




SUBROUTINE 0005:
GCSUB







3.3. ARCHIVO

Como se vio anteriormente, el programa principal llama a un archivo, el cual debe contener los datos de los elementos.

Por lo que primeramente hay que introducir datos al archivo con los datos antiguos.

Una vez que se introducen los datos en el "archivo de entrada", pueden consultarse con el archivo de consulta para ver si efectivamente se introdujeron bien.

En caso de que haya datos mal, se puede corregir el - archivo con el archivo de "cambios".

Hecho esto se llama al programa principal y también - se introducen datosm solo que éstos se pierden una vez que - haya corrido el programa, quedando solo los del archivo de elementos.

Cabe mencionar que el archivo se adaptó al programa - para no volver a introducir todos los datos en caso de haber escrito alguno mal.

3.3.1. Algoritmo para el archivo

El archivo consta de tres programas pequeños que se complementan, y se tratarán al mismo tiempo.

El primero es el que se crea el archivo, el segundo nos ayuda a hacer cambios al primero y el tercero nos presenta en pantalla los resultados.

El algoritmo es como sigue:

1er. Archivo (entrada)

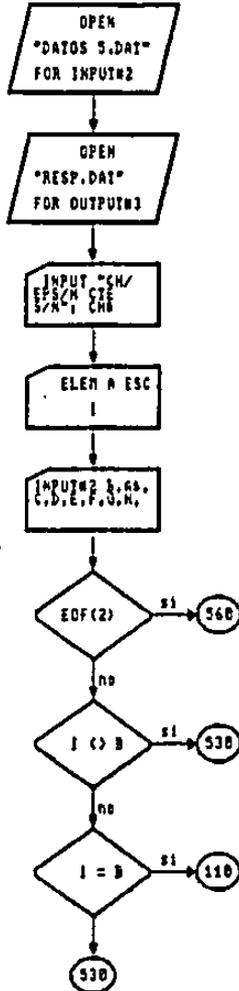
1. El programa tiene la clave del BASIC para abrir archivo de datos (DATOS.DAT).
2. Se preguntará qué tipo de elemento es el que se quiere introducir y mediante una condición de flujo se remitirá a una parte en donde el programa continuará preguntando los datos adecuados al tipo de elemento de que se trate.
3. El programa si se desea introducir algún dato nuevo y de esta manera volveríamos al paso No. 2, de otra manera se clausurarfa el archivo.
4. Cabe hacer mención que el último dato introducido debe ser un número grande que no se utilice ni esté entre los datos del programa.

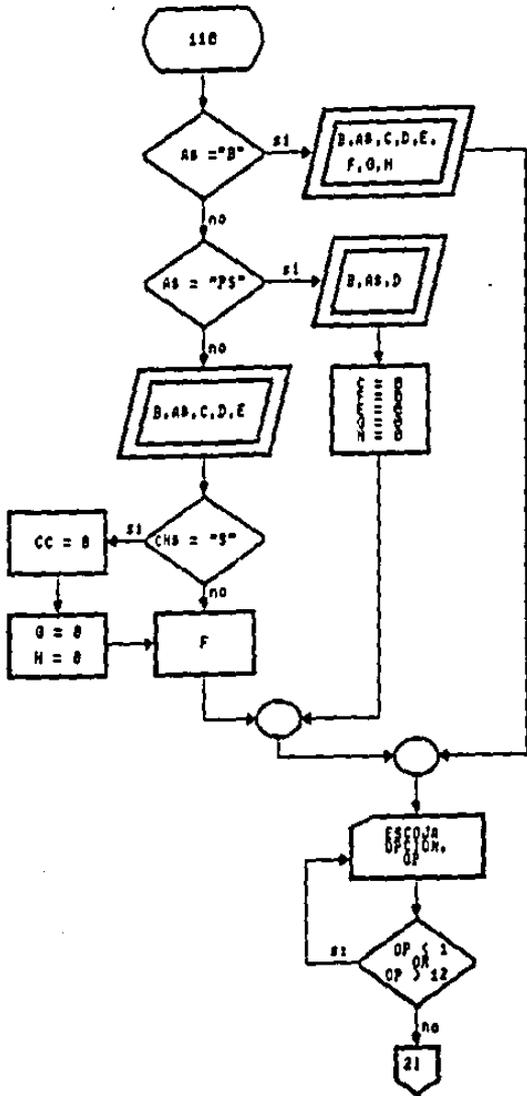
2do. Archivo (cambios)

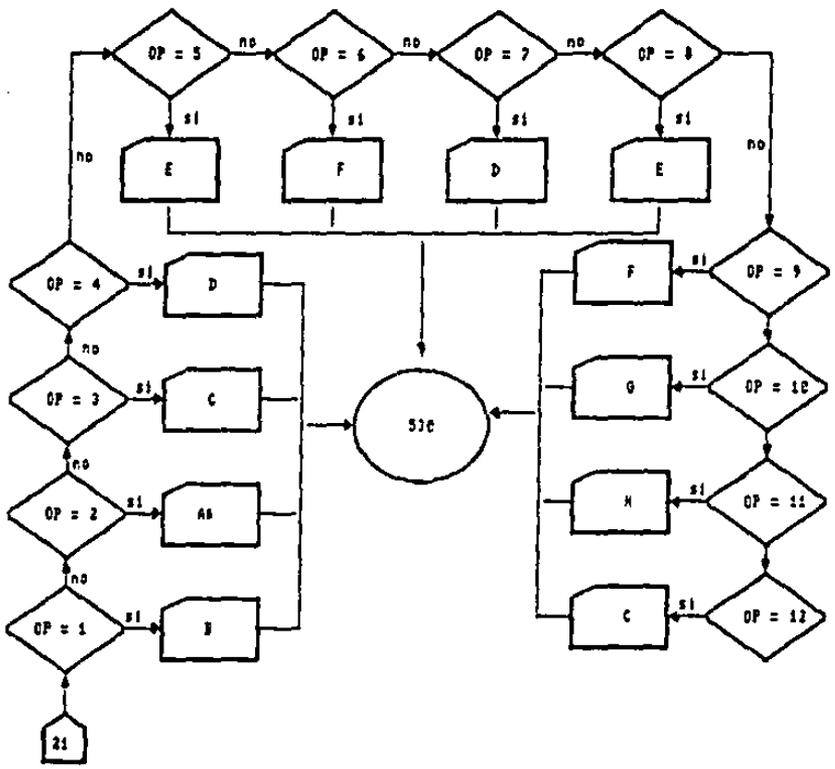
El programa para este archivo se apoya en el anterior pues para poder hacer cambios se debieron de introducir datos con anterioridad.

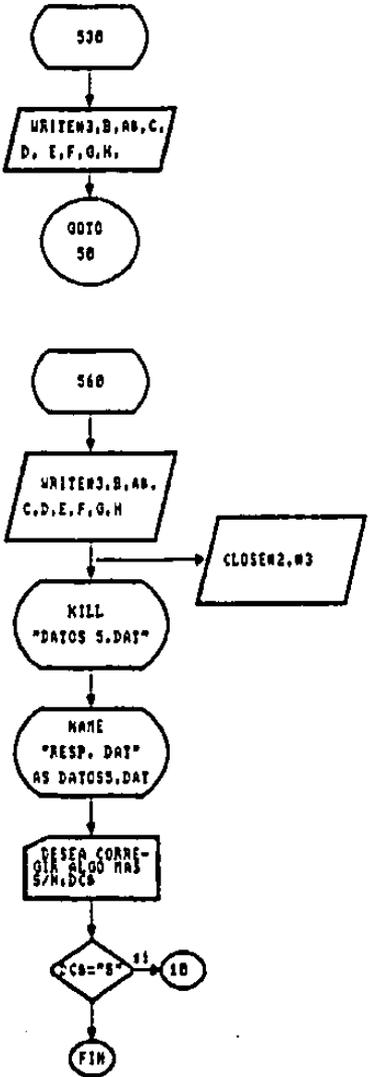
1. Se abre un archivo con la clave del primero.
2. Se abre un archivo con otra clave, y se le llamará (RESP. DAT) debido a que nos servirá de respaldo. .
3. El programa preguntará por el número del elemento a corregir.
4. Enseguida nos presentará en pantalla el tipo de elemento y sus demás características.
5. Preguntará a modo de opción cual de todas se desea cambiar se le dará el número de la opción y preguntará por el nuevo valor.
6. Este valor será grabado en (RESP.DAT).
7. Todo el archivo se asignará a (DATOS.DAT), renombrándolo con ese nombre.
8. Se cierran los dos archivos.
9. Se pregunta si se desea modificar algún otro dato, si es así volvemos al paso No. 1, de lo contrario se finaliza.

3.3.1.2. Diagrama de flujo del archivo para cambios
PROGRAMA PARA CAMBIOS 5.DAT









3er. Archivo (presentación)

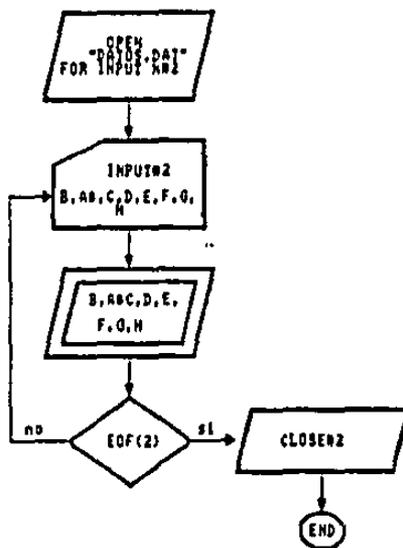
Este programa no es muy necesario pero nos permite visualizar los datos que tenemos en el archivo sin salir del sistema.

El algoritmo es muy sencillo.

1. Se abre el archivo (DATOS.DAT)
2. Se manda leer los datos correspondientes al primer registro.
3. Se imprimen en pantalla.
4. Si ha llegado al fin de los registros se cierra el archivo y se da fin de lo contrario regresa al paso No. 2

3.3.1.3. Diagrama de flujo del archivo para visualizar datos

PROGRAMA PARA CONSULTAS .BAS



CAPITULO IV
LISTADO DEL PROGRAMA

4.2. LISTADO DEL PROGRAMA PRINCIPAL

71

```

10  CLS
20  REM PROGRAMA DE COMPUTADORA PARA EL ANALISIS DE REDES HIDRAULICAS
30  REM
40  REM UTILIZA EL METODO DE HARDY CROSS
50  REM
60  DIM SG(20), TCC(20), TOL(20), CL(10), TIPS(100), CAR(700)
70  DIM SDB(700), SUI(700), E(100), I(100)
80  CL(1)=HW:TOL(2)=TCC:CL(1)=TOL:CL(4)=SDB:CL(5)=SUI
90  FOR J=1 TO 700
100 IF J=100 THEN TIPS(J)=0
110 IF J=100 THEN SDB(J)=1000
120 IF J=200 THEN TCC(J)=0
130 SUI(J)=0
140 NEXT J
150 CLS
160 PRINT
170 PRINT "PROGRAMA DE ANALISIS DE REDES HIDRAULICAS CON EL METODO DE HARDY CROSS"
180 INPUT "UTILICAR LA INGRESA DE: ";IMP
190 IF IMP<0 OR IMP>100 THEN 210
200 GOTO 180
210 INPUT "SISTEMA DE UNIDADES: SI (SI) O EN (EN)";U
220 IF U<"SI" OR U>"EN" THEN 210
230 GOTO 180
240 INPUT "MATERIAL DE LAS TUBERIAS: ";M
250 IF M<"C" OR M>"I" THEN 210
260 GOTO 180
270 INPUT "TIPO DE TUBERIA: ";T
280 IF T<"1" OR T>"3" THEN 210
290 GOTO 180
300 INPUT "MATERIAL DE LAS VALVULAS: ";V
310 IF V<"1" OR V>"3" THEN 210
320 GOTO 180
330 PRINT "INGRESAR LAS COORDENADAS DE LAS NODOS EN EL ORDEN: X Y Z EN METROS O EN PIES"
340 IF U<"SI" OR U>"EN" THEN 310
350 INPUT "CONSTRUYA EL CONTEINER PARA TODA EL SISTEMA: ";C
360 IF C<"Y" OR C>"N" THEN 370
370 GOTO 350
380 IF C<"Y" THEN 410
390 CLS
400 GOTO 350
410 INPUT "VALOR DE LA PEEBA INVERSA: ";P
420 IF P<0 THEN 410
430 CLS
440 FOR I=1 TO 100
450 W=PI-I-1
460 E=WP+4
470 CRF(E)=EER
480 NEXT I
490 IF U<"SI" THEN 520
500 IF IMP<0 THEN 520
510 LPRINT "          UNIDADES INGLESAS, VISCOSIDAD EN ft2/seg"
520 UN=4.727E-3:LN=2.14517E-3
530 G=32.174:FI=3.14159265:PI=3.14159265
540 GOTO 570
550 IF IMP<0 THEN 570

```



```

1650 PRINT *
1670 PRINT *
1690 PRINT *
1650 PRINT *
1700 PRINT *
1710 PRINT *
1720 PRINT *
1730 PRINT *
1740 PRINTPRINTPRINTPRINTPRINTPRINT
1750 LINE PRINT " PROBLEMA 1. SERVICIO "
1760 IF A=0 THEN 1770
1770 GOTO 1790
1780 GOTO 1790
1790 PRINT *
1800 PRINT *
1810 PRINT *
1820 PRINT *
1830 PRINT *
1840 PRINT *
1850 PRINT *
1860 PRINT *
1870 PRINT *
1880 PRINT *
1890 PRINT *
1900 PRINT *
1910 PRINT *
1920 PRINT *
1930 PRINT *
1940 PRINT *
1950 PRINT *
1960 PRINT *
1970 PRINT *
1980 PRINT *
1990 PRINT *
2000 PRINT *
2010 PRINT *
2020 PRINT *
2030 PRINT *
2040 PRINT *
2050 PRINT *
2060 PRINT *
2070 PRINT *
2080 PRINT *
2090 PRINT *
2100 PRINT *
2110 PRINT *
2120 PRINT *
2130 PRINT *
2140 PRINT *
2150 PRINT *
2160 PRINT *
2170 PRINT *
2180 PRINT *
2190 PRINT *
2200 PRINT *
2210 PRINT *
2220 PRINT *
2230 PRINT *

```

```

2240 N=7*(I-1)+1
2250 B1=2*I+1;B2=2*I+2;B3=2*I+3;B4=2*I+4;B5=2*I+5;B6=2*I+6
2260 ON N(1) GOTO 2270,2280,2270,2290,2300
2270 G(1)=1
2280 I=I+1
2290 GOTO 2270
2300 R=CAR(10)
2310 GOTO 2340
2320 GOSUB 4130
2330 R=RR+CAR(10)
2340 R=RR+25*(I+1)*G(1)+R*(5*(I+1)*CAR(10))
2350 R=RR+25*(CAR(10)+R*(5*(I+1)*CAR(10)))
2360 GOTO 2410
2370 R=RR+25*(I)*CAR(10)
2380 GOTO 2410
2390 R=RR+25*(I)+CAR(10)+G(1)+CAR(10)+G(1)+CAR(10)+G(1)+CAR(10)+G(1)+CAR(10)
2400 R=RR+25*(I)+CAR(10)+G(1)+CAR(10)+G(1)+CAR(10)+G(1)+CAR(10)+G(1)+CAR(10)
2410 NEXT I
2420 IF ABS(R) > .001 THEN HDG=1
2430 HDG=0+HDG
2440 DD=DD+ABS(R)
2450 FOR I=1 TO 11
2460 DD=DD+R
2470 I=ABS(DD)
2480 IF TH(0) < TH(1) THEN DD=
G(1)+25*(I)+25*(I)+25
2490 NEXT I
2500 IP=(IP+1)+
2510 W=0+100
2520 IF DD < W THEN DD=
2530 NEXT I
2540 CLS:LOCATE 1,1
2550 PRINT " ELEMENTO ** R=DD"
2560 PRINT " (IP/2-1)"
2570 IF IP < 20 THEN DD=
2580 LPRINT:PRINT
2590 PRINT " ELEMENTO ** R=DD"
2600 PRINT " (IP/2-1)"
2610 FOR I=1 TO 10
2620 NT=TI*(G(I))
2630 ON N(1) GOTO 2650,2650,2700,2650,2650,2700
2640 G(1)=3*(I)/5
2650 PRINT USING " *****" G(1);G(1)
2660 IF IP < 11 THEN DD=
2670 LPRINT TAB(9):I;T-B-1;G(1)
2680 G(1)=G(1)+5
2690 NEXT I
2700 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
2710 PRINT TAB(10);"*****.*****.*****.*****.*****.*****"
2720 PRINT TAB(10);"*****.*****.*****.*****.*****"
2730 PRINT TAB(10);"*****.*****.*****.*****"
2740 PRINT TAB(10);"*****.*****.*****"
2750 PRINT:PRINT:PRINT
2760 INPUT " ***** UNA OPCION-----",OP
2770 IF OP < 1 OR OP > 3 THEN 2760
2780 ON OP GOTO 2780,2770,4060
2790 CLS

```

```

0800 REM
0910 REM DATOS PARA EL CALCULO DE CARGAS
0920 REM
0930 J=0
0940 LOCATE 6,20:PRINT " * NUCLEO CON CARGAS FIJAS * "
0950 LOCATE 6,20:PRINT "NO. DE NUDO = CARGA CONCLUIDA"
0960 IF INKEY="" THEN 0980
0970 PRINT:PRINT
0980 PRINT " * NUCLEO CON CARGAS LONGICUDAS * "
0990 PRINT " * NUDO = CARGA * "
1000 LOCATE 10,20:PRINT "NO. DE * "
1010 GOTO 1030
1020 IF I=100 THEN 1030
1030 IF I=0 GOTO 1040
1040 LOCATE 10,20:PRINT INPUT "NO. DE "
1050 PRINT:PRINT
1060 IF INKEY="" THEN 1060
1070 PRINT "NO. DE * "
1080 GOTO 1040
1090 REM
1100 REM TRAYECTORIAS PARA CALCULO DE CARGAS
1110 REM
1120 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
1130 INPUT " * DESEA DEL C=1 INTRODUCIR UNA CARGA LONGICUDA SI OTRA * "
1140 IF INKEY="" THEN 1140
1150 IF INKEY="" THEN 1140
1160 GOTO 1140
1170 PRINT " * "
1180 PRINT " * LA TRAYECTORIA PARA EL CALCULO DE CARGAS LONGICUDA EN CO=1 * "
1190 PRINT " * LOCAL AL PRINCIPIO DEL VECTOR TC0 EL NUMERO DE UN NUDO =1 * "
1200 PRINT " * PARA CARGA LGA LONGICUDA Y A CONTINUACION SELECCIONA UNA * "
1210 PRINT " * SELECCION DE ELEMENTO=NUDO-ELEMENTO=NUDO..... FINITA * "
1220 PRINT " * TERMINAR COLACION EN CO=0. * "
1230 PRINT " * "
1240 PRINT " * SI SE SELECA INTRODUCIR OTRA TRAYECTORIA SE PROCEDA DE * "
1250 PRINT " * LOCAL MANERA Y SI NO SE DESEA INTRODUCIR OTRA VECTOR SE * "
1260 PRINT " * COLACION DOS CARGAS CONTINUAMENTE. * "
1270 PRINT " * "
1280 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
1290 LINE INPUT " * "
1300 IF INKEY="" THEN 1310
1310 GOTO
1320 GOTO
1330 PRINT " * "
1340 J=1
1350 TC0(1)=1
1360 J=2
1370 TC0(1)=1
1380 R=0
1390 FOR K=1 TO 10
1400 R=R+5
1410 LOCATE J,20:PRINT INPUT TC0(K)
1420 TC0(K)=VAL(TC0(K))
1430 NM=1
1440 IF TC0(K)=0 AND TC0(NM)=0 THEN 1460

```

```

3360 NEXT I
3370 J=J+3
3380 I=I+1
3390 GOTO 3360
3400 PRINT:PRINT:PRINT:PRINT:PRINT
3410 LINE INPUT " DESEA VOLVER A INTRODUCIR LA TRAYECTORIA 2/0---?",A$
3420 IF A$(0)="" AND A$(1)="" THEN 3410
3430 IF A$(0)="" THEN 3330
3440 IF A$(1)="" THEN 3360
3450 LPRINT:PRINT
3460 LPRINT "          TRAYECTORIA CONTINUA PARA EL CALCULO DE CARGAS"
3470 LPRINT
3480 FOR I=0 TO 1
3490 LPRINT YCC(I);
3500 NEXT I
3510 LPRINT
3520 REM
3530 REM INICIA CALCULO DE CARGAS EN CADA NUDO
3540 REM
3550 GOSUB 3560
3560 IP=1
3570 FOR J=1 TO 200 STEP 2
3580 IF J=1 THEN I=ICC(IP)
3590 D1=H(I):D2=H(I+1)
3600 H=ICC(IP)
3610 H=ICC(IP)
3620 IF I=0 THEN 3630
3630 IF I=0 THEN 3650
3640 GOTO 3660
3650 SS=1
3660 I=I
3670 GOTO 3650
3680 SS=1
3690 NT=TI*G(I)
3700 W1=7*(I-1)+1
3710 B1=WF-I*ED*WF+2*ED*WF-C1*B1*WF+4*ED*WF+C1*B2*WF+6
3720 ON NT(1) GOTO 3730,3750,3790,3810,3730,3820
3730 B=CAR(WF)
3740 GOTO 3750
3750 BE=ED*ALFO
3760 R=FR*CAR(WF)
3770 H(N1)=H(I1)+SS*R*G(I)+ABS(B(I)))*CAR(B2)
3780 GOTO 3820
3790 H(N1)=H(I1)+SS*CAR(WF)
3800 GOTO 3820
3810 H(N1)=H(I1)+SS*(CAR(WF)+G(I))*(CAR(B1)+G(I))*(CAR(B2)+G(I)*CAR(B3)))
3820 M1=J*IP+2
3830 MD=M1+1
3840 IF TCC(M2)=0 THEN 3900
3850 IF TCC(M1)=0 THEN 3820
3860 I1=N
3870 NEXT J
3880 IP=IP+3
3890 GOTO 3570
3900 CLS:LOCATE 10,10:PRINT "          NUDO ** CARGA*:PRINT
3910 IF INT("0") THEN 3940

```

```

3920 LPRINT
3930 LPRINT "          NUDO ** CARGA**LPRINT
3940 FOR N=1 TO 100
3950 IF N=N1 THEN GOTO 3970
3960 PRINT USING "          ***.      *****" N;N1;N2
3970 IF INT(N/2) THEN GOTO 3990
3980 LPRINT TAB(14);INT(N/2);INT(N)
3990 NEXT N
4000 PRINT;PRINT;PRINT;PRINT
4010 PRINT TAB(10);"I1).....INTRODUCIR OTRO CARGAS FIJAS"
4020 PRINT TAB(10);"I2).....INTRODUCIR OTRA TRAYECTORIA"
4030 PRINT TAB(10);"I3).....FINALIZAR"
4040 PRINT;PRINT;PRINT
4050 INPUT "          ESCOGA UNA OPCIÓN--> ",OP
4060 IF OP=1 OR OP=2 THEN GOTO 4070
4070 ON OP GOTO 4070,4080,4090
4080 GUNPR;PRINT;PRINT
4090 END
4100 REM
4110 REM SUBROUTINA QUE DETERMINA EL DIMENSION DE MOODY
4120 REM
4130 M=4*ABS(I1-1)/PI*LOG(101/2)
4140 N=PI*CAR(50)*M
4150 IF N<=0 THEN GOTO 4200
4160 M1=0.40+0.2*ABS(2) *CAR(104)+LOG(1.7*CAR(32)/CAR(104))
4170 M=M+M1*PI*400
4180 FF=1/(2+LOG(1.1*CAR(102)/CAR(54)))**2
4190 RETURN
4200 IF N=0 THEN FF=0 ELSE 4220
4210 GOTO 4220
4220 FF=0.4*FF
4230 RETURN
4240 IF I1=1 THEN GOTO 4260
4250 XM=3.000001E-03
4260 XP=1
4270 XM*(XM+XP)**2
4280 IF ABS((I1-N)/.001) THEN 4340
4290 FF=1/(XM**2)+2*LOG(CAR(104)/1.71*CAR(32))+2.51/(NR*XM*.5)
4300 IF FF=0 THEN 4320
4310 IF FF<0 THEN 4320
4320 XP=XM/GOTO 4270
4330 XM=XM;GOTO 4270
4340 FF=0
4350 RETURN
4360 IF NR=100000 THEN 4470
4370 XM=3.000001E-03;XP=1
4380 XM=(XM+XP)/2
4390 IF ABS((I1-N)/.001) THEN 4450
4400 FF=2*LOG(NR*XM*.5)-.6-1/XM*.5)
4410 IF FF=0 THEN 4450
4420 IF FF<0 THEN 4440
4430 XP=XM;GOTO 4380
4440 XM=XM;GOTO 4380
4450 FF=XM
4460 RETURN
4470 FF=.516/(NR*.25)
4480 RETURN

```

```

10  CLS
20  REM
30  REM ARCHIVO PARA DATOS DE ELEMENTOS
40  REM
50  LOCATE 9,9:PRINT ""
60  LOCATE 10,9:PRINT "A CONTINUACION SE PREGUNTARA SI LA CONSTANTE DE UN
70  LOCATE 11,9:PRINT "LA FORMULA DE FRICCION EMPLEADA ES LA MISMA PARA."
80  LOCATE 12,9:PRINT "TODOS LOS TIPOS, PUES ALICE DICE EL CASO EN QUE "
90  LOCATE 13,9:PRINT "SE USAN LOS MISMOS TIPOS DE FORMULAS PARA LOS TIPOS. O "
100 LOCATE 14,9:PRINT "SIEN, LA MISMA FORMULA PARA TODOS LOS TIPOS PERO "
110 LOCATE 15,9:PRINT "SON DIFERENTE CONSTANTE PARA CADA TIPO."
120 LOCATE 16,9:PRINT ""
130 LOCATE 20,9:PRINT "SI DESEA CONTINUAR CON EL PROGRAMA, PRESIONE UN CUALQUIER
140 IF SE=" " THEN 11
150 OPEN "B:\BIBLIOTECA\BIB FOR APPEND.DAT" FOR APPEND AS #1
160 LOCATE 17,9
170 INPUT "CONSERVA LA CONSTANTE PARA TODOS EL SISTEMA (SI/NO)";OPC1
180 IF OPC1="SI" AND C1=" " THEN 190
190 CLOSE:GOTO 10,1
200 INPUT "TIPO DE ELEMENTO (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z)";
210 IF " " THEN 100
220 IF " " THEN 100
230 IF " " THEN 100
240 GOTO 10,1
250 INPUT "ELEMENTO DE LA TABLA";
260 INPUT "GASTO ELEMENTO (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z)";
270 INPUT "CARGA DISPONIBLE";
280 INPUT "DIFERENCIA DE GASTO";
290 IF " " THEN 100
300 LOCATE 18,9
310 INPUT "ELEMENTO";
320 CLS
330 @PAGE=0
340 GOTO 100
350 INPUT "ELEMENTO N.1";
360 INPUT "GASTO ELEMENTO (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z)";
370 INPUT "VARIACION DEL GASTO (A,B,C,D,E,F,G,H,I,J,K,L,M,N,O,P,Q,R,S,T,U,V,W,X,Y,Z)";
380 INPUT "NO. ELEMENTOS";
390 INPUT "N1 ELEMENTOS";
400 INPUT "N2 ELEMENTOS";
410 INPUT "N3 ELEMENTOS";
420 CLS
430 GOTO 100
440 INPUT "ELEMENTO N.2";
450 INPUT "CARGA DISPONIBLE";
460 CLS
470 GEN=500:DO=100:DL=1:EE=0
480 WRITE #1,1,N1,OP,AA,CC,CC,DD,CC
490 ELS:LOCATE 10,1
500 INPUT "DESEA CONTINUAR CON EL PROGRAMA";OPC2
510 IF OPC2="SI" AND C2=" " THEN 500
520 PRINT;PRINT
530 IF OPC2="SI" THEN 190
540 CLOSE #1
550 CLS
560 RUN"B:\MENU.DAT"
570 END

```

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

```

10  CLS
20  REM
30  REM PROGRAMA PARA MODIFICAR EL ARCHIVO DE ELEMENTOS
40  REM
50  LOCATE 9,9:PRINT ""
60  LOCATE 10,9:PRINT " PARA HACER LOS CAMBIOS SE PREGUNTA TAMBIEN SI LA"
70  LOCATE 11,9:PRINT " CONSTANTE DE FRICCION ES LA MISMA."
80  LOCATE 12,9:PRINT ""
90  LOCATE 20,10:INPUT " SI DESEA CONTINUAR PRESIONE 'RETURN', SI
100 IF "Y" THEN GOTO 110
110 OPEN "B:\DATA\15.DAT" FOR INPUT AS#101
120 OPEN "B:\DATA\151.DAT" FOR OUTPUT AS#1
130 CLS:LOCATE 10,1
140 INPUT "CON QUE VAL. SE CONSIDERA PARA TODA EL SISTEMA LA CONSTANTE DE FRICCION?";C1
150 IF C1#0 THEN GOTO 170
160 CLS:LOCATE 10,1
170 INPUT "NO. DEL ELEMENTO A CONSIDERAR:-----";I1
180 CLS
190 INPUT "NO. DE ELEMENTO A CONSIDERAR";I1
200 IF I1#0 THEN GOTO 210
210 IF I1#0 THEN GOTO 210
220 IF I1#0 THEN GOTO 210
230 GOTO 250
240 GOTO 190
250 IF I1#0 THEN GOTO 250
260 IF I1#0 THEN GOTO 250
270 PRINT
280 PRINT "0001.....No. DE ELEMENTO-----";I1
290 PRINT "0002.....TIPO DE ELEMENTO-----";I1
300 PRINT "0003.....CARGA SUPUESTO (mts.cfs)-----";I1
310 PRINT "0004.....LONGITUD (mts)-----";I1
320 PRINT "0005.....DIAMETRO (mts)-----";I1
330 IF C1#0 THEN GOTO 340
340 PRINT "0006.....CH/PCS-----";I1
350 GOTO 370
360 PRINT
370 PRINT
380 PRINT "0010.....No. DE ELEMENTO-----";I1
390 PRINT "0002.....TIPO DE ELEMENTO-----";I1
400 PRINT "0003.....CARGA SUPUESTO (mts.cfs)-----";I1
410 PRINT "0007.....VARIACION DEL CARGO (mts.cfs)-----";I1
420 PRINT "0008.....NO (mts.pies)-----";I1
430 PRINT "0009.....SI (mts.pies)-----";I1
440 PRINT "0101.....NO (mts.pies)-----";I1
450 PRINT "0111.....SI (mts.pies)-----";I1
460 GOTO 370
470 PRINT
480 PRINT
490 PRINT "0103.....No. DE ELEMENTO-----";I1
500 PRINT "0002.....TIPO DE ELEMENTO-----";I1
510 PRINT "0101.....CARGA DISPONIBLE (mts.pies)-----";I1

```


CAPITULO V

APLICACIONES

5.1. GUIA DEL USUARIO

El procedimiento para poder utilizar el programa es el siguiente:

1. Entrando en el sistema en la modalidad BASIC, llamamos al programa que nos presenta en un menú las posibilidades -- que tenemos como usuarios del programa, y lo hacemos de - la siguiente manera:

```
LOAD"B:MENU  
RUN
```

Enseguida presenta el menú, el cual consta de seis opciones:

- (01) Entrada de parámetros para elementos.
- (02) Presentación en pantalla de parámetros.
- (03) Corrección de parámetros.
- (04) Programa para método de Cross
- (05) Borrar parámetros de elementos
- (06) Salir del menú.

Podemos escoger una opción cada vez que se nos presente el menú.

Al escoger la opción tenemos que ver cual es la opción adecuada; se presenta a continuación un orden para ejecutar el menú.

2. Con la opción (02) para que nos presente los datos almacenados en el archivo si es que los hay en caso de no haber datos marcará error y tendremos que correr de nuevo el -- programa MENU.
3. En caso de haber visualizado los datos, y se desea modificarlos, se efectúa la opción (03).
4. Si se desea borrar los datos para introducir otros nuevos se ejecuta la opción (05).
5. Para introducir datos nuevos al archivo ejecutamos la opción (01). El programa pregunta por el tipo de elemento y pide los datos correspondientes. Solo que después de haber introducido todos los datos de los elementos, agregamos un último elemento, de modo que sirva como final -- del archivo.
6. Una vez que los datos hayan sido introducidos al archivo podemos verificarlos y corregirlos si se desea, recurriendo a las opciones (02) y (03)
7. Ahora ya está todo listo para utilizar el programa principal y lo llamamos con la opción (04) y al correr el programa preguntará en cinco etapas los datos necesarios, -- las etapas son como a continuación se presenta:

a) DATOS GENERALES

Constituyen la primera etapa debido a que son comunes para todos los elementos, aquí también se pregunta si los coeficientes de rugosidad o de forma son constantes pues es posible que se utilicen distintas fórmulas

de fricción para los elementos y en este caso no se-
rían constantes los coeficientes.

b) DATOS DE LOS ELEMENTOS

Se leen directamente del archivo.

c) SUBINDICES DE LOS CIRCUITOS

Se coloca primero el número de elementos del circuito-
y a continuación el número de cada uno de los elemen-
tos que lo conforman. Cada elemento llevará un signo-
negativo si el flujo supuesto va en contra de las mang-
cillas del reloj.

Lo anterior se repite cuantas veces sea el número de -
circuitos, y al finalizar se coloca un cero.

d) NUDOS CON CARGAS FIJAS

El programa presenta el formato con el que se deben de
introducir los datos, y es de la siguiente manera:

No. DE NUDO	CARGA
5	45
-	-

En caso de que no se quiera introducir otro nudo con -
carga conocida se coloca un cero en la columna de No.-
de nudo y de esta manera pasamos al siguiente bloque -
de datos.

e) TRAYECTORIA PARA EL CALCULO DE CARGAS

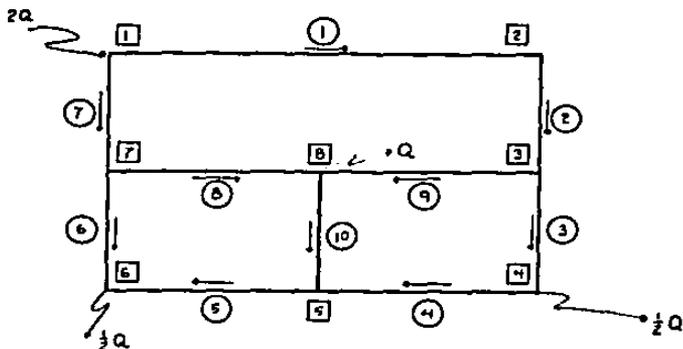
Aquí se procede colocando primero un nudo con carga co-
nocida, enseguida el elemento siguiente, después un nu-
do, enseguida otro elemento y otro nudo, hasta finali-
zar la trayectoria.

Los elementos que tengan el flujo supuesto en contra - del sentido de la trayectoria, llevarán el signo menos. Cuando se termine un recorrido y deseemos continuar -- con otro recorrido colocaremos un cero y después el -- primer nudo con carga conocida, en seguida volvemos a la secuencia. ELEMENTO-NUDO, ELEMENTO-NUDO...

En caso de querer finalizar se colocan dos ceros consecutivamente.

En el primer ejercicio se desarrolla lo anteriormente descrito.

5.2. APLICACIONES



$Q = 20$ lps

$P_1 = 41.44$ mts.

Tubos de fundición.

→ Indican el sentido del flujo supuesto

□ número de nudo

○ número de elemento

NOTA: El programa al entregar resultados, en ocasiones presenta los gastos reales con signo negativo, significando esto que el sentido del flujo supuesto inicialmente es erróneo.

UNIDADES DEL S.I. VISCOSIDAD EN C.G.S. 100000
 TOLERANCIA DECIMAL= .001 * NO. DE ITERACIONES= 15

TIPO *	TUBO *	CALCULO SUPUESTO	LONGITUD (CM)	DIAMETRO (CM)	ORIFEROS
dw	1	20	400	10	.00007
dw	1	20	125	10	.00009
dw	1	10	125	15	.00009
dw	1	5	125	15	.00010
dw	2	5	200	15	.00010
dw	2	10	125	15	.00007
dw	2	20	125	20	.00009
dw	3	10	200	20	.00009
dw	3	10	200	15	.00009
dw	10	0	125	15	.00009

SUBINDICES DE LOS CIRCUITOS DEL SISTEMA

5 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

ELEMENTO ** VALOR
(100000)

1	17.01127
2	17.01127
3	17.100820
4	14.050170
5	10.011271
6	10.011271
7	20.100820
8	9.070028
9	9.000000
10	-2.100820

NUMO: CON CARGAS IONICINAS

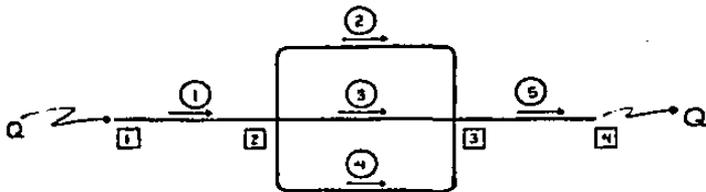
NUMO ** CARGA
1 41.44

TRAYECTORIA CONTINUA PARA EL CALCULO DE CARGAS

1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16

NUMO ** CARGA

1	41.44
2	41.100800
3	40.590201
4	40.078602
5	40.077901
6	40.051500
7	40.057000
8	39.000319



$Q = 500$ lps

tubos de fundición

$P_1 = 400$ mts

UNIDADES DEL S.I. VISCOSIDAD EN $\text{cm}^2/\text{seg} = 1000012$
 TOLERANCIA DECIDIDA = .0001 ** NO. DE ITERACIONES = 20

TIPO	TIPO	GASTO		LONGITUD	DIAMETRO	CARGAS
		BURQUETO	(1000)			
a	1	200	200	30	00001	.015
a	2	100	1000	20		.015
a	3	100	200	20		.015
a	4	200	200	20		.015
a	5	500	1500	20		.015

SUBINDICES DE LOS CIRCUITOS DEL SISTEMA

1 2 3 4 5 6 7 8 9

ELEMENTO ** PLANO
 (1000000)

1	200
2	100.0000
3	100.0000
4	200.0000
5	500

NUMOS CON CARGAS CONOCIDAS

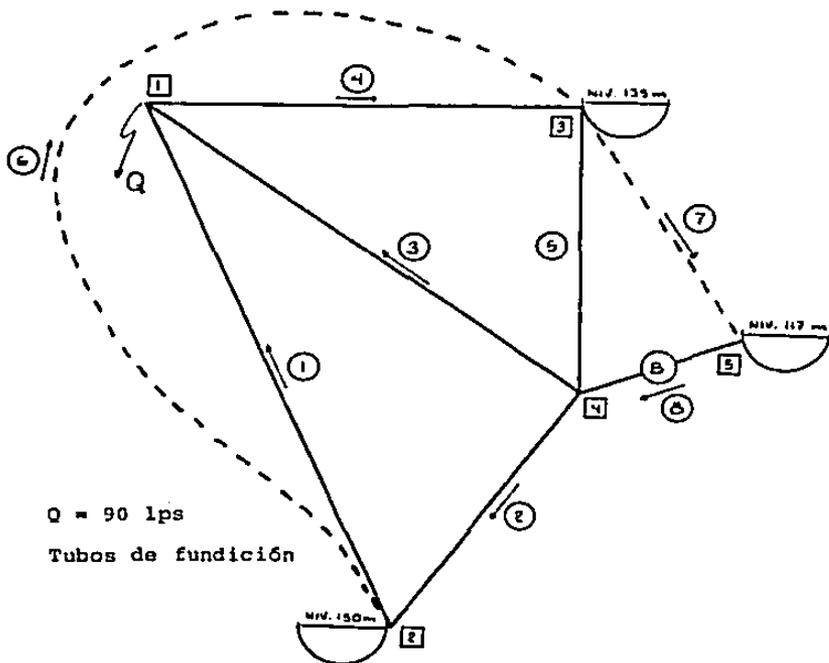
NUMO ** CARGA
 1 400

TRAYECTORIA CONTINUA PARA EL CALIBRO DE CARGAS

1 2 3 4 5 6 7 8 9

NUMO ** CARGA

1	400
2	592.0551
3	577.1456
4	571.1177



$Q = 90 \text{ lbs}$

Tubos de fundición

UNIDADES DEL S. I. VELOCIDAD LIN * DIAMETRO * COEFICIENTE
TOLERANCIA DECIMAL * 1000 ** NO. DE ITERACIONES * 10

TIPO * TULO * GASTO * LONGITUD * DIAMETRO * COEFICIENTE
SUGESTO
(LPS) (LPS) (LPS)

HW	1	100	500	7	100
HW	2	30	500	10	100
HW	3	0	500	10	100
HW	4	10	100	10	100
HW	5	10	100	10	100
CA	1	* DIFERENCIA DE ELEVACION 10			
CA	2	* DIFERENCIA DE PENDIENTES 10			
CA	3	* TIPO DE LA TERRESTRE 10			
		* GASTO SUGESTIVO 10			
		* NO. DE UNITS POR LINEA 10			
		* COEFICIENTE DE ADJUSTAMIENTO 10			

ORDENES DE LOS CIRCUITOS DEL SISTEMA

3 2 1 3 3 4 3 2 1 3 4 1 2 1 2 3

ELEMENTO ** FLUJO
1200000

1	147.9980
2	-10.7001
3	26.2000
4	20.0400
5	-4.0570
6	66.7660

MODOS CON CARGAS SINGULARES

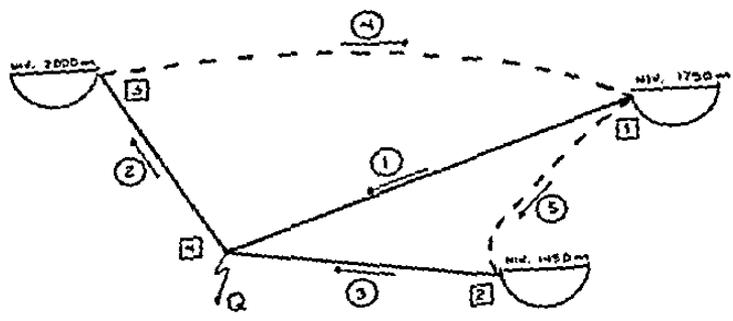
MODO ** CARGA
117

TRAYECTORIA CONTINUA PARA EL CALCULO DE CARGAS

5 3 4 2 2 1 1 4 3 0 0

MODO ** CARGA

1	137.5110
2	130.4440
3	135.4440
4	137.7966
5	117



Q = 15 lps
acero roblonado

UNIDADES DEL S.I. VISCOSIDAD EN 1.26674 1.146-10
 TOLERANCIA DECIMAL .001 ** NO. DE ITERACIONES= 15

TIPO	TUBO	GASTO		LONGITUD	DIAMETRO	CARGA/IN
		(LPS)	(GAL)			
CA	1	50	12.00	500.0000	1.00000	
CA	2	25	8.00	1.00000	1.00000	
CA	3	40	1.00	1.00000	1.00000	
CB	4	* DIFERENCIA DE ELEVACIONES 25'				
CB	5	* DIFERENCIA DE ELEVACIONES 10'				

SON INDICES DE LOS CIRCUITOS DEL SISTEMA

1 1 2 3 4 5 6 7 8

ELEMENTO ** FLUJO
 (LPS/GAL)

1	-206.4778
2	-574.4217
3	-302.9921

NUDOS CON CARGAS CONOCIDAS

NUDO ** CARGA
 1 1750

TRAYECTORIA CONTINUA PARA EL CALCULO DE CARGAS

1 1 4 2 3 0 4 3 2 0 0

NUDO ** CARGA

1	1750
2	1450
3	2000.002
4	1761.145

CAPITULO VI

CONCLUSION

Debido a la facilidad actual para ser usuario de una computadora, la tarea del ingeniero calculista, puede ser reducida ampliamente, por lo menos en la fase iterativa de los procedimientos de cálculo.

Los efectos producidos en una red de abastecimiento - debido a modificaciones en la misma, pueden ser evaluadas rápidamente con el uso de este programa.

El método de Cross para redes hidráulicas originalmente fue hecho para sistemas cerrados y solo daba como resultado los gastos reales que circulaban en cada tubo. Este programa basado en dicho método, obtiene las cargas piezométricas en los nudos, y alimentando los datos en forma correcta y apropiada también resuelve problemas con sistemas abiertos.

El programa tiene carencias y no da solución a todos los problemas que se pueden presentar, pero sí a una gran parte de éstos.

Es necesario tener un mediano conocimiento de la materia para poder alimentar los datos al programa en forma correcta, así como la interpretación cabal de los resultados - proporcionados por éste.

El programa está elaborado de tal manera que estudiando la secuela de pasos en su procedimiento permite hacer mo-

dificaciones en el mismo. Dista mucho de ser un programa -- completamente terminado, incluso se llega a decir que un programa nunca se llega a concluir, pues todo es perfeccionable aunque está elaborado hasta un punto en donde es práctico y entendible.

BIBLIOGRAFIA

HIDRAULICA GENERAL, VOLUMEN 1. FUNDAMENTOS

GILBERTO SOTELO AVILA

EDITORIAL LIMUSA (1982)

MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS

CLAUDIO MATAIX PLANA

EDITORIAL HARLA (1982)

MECANICA DE LOS FLUIDOS

VICTOR L. STREETER Y BENJAMIN WYLIE

EDITORIAL MCGRAW HILL

PROGRAMACION BASIC

VICTOR P. VILLANUEVA ABUKAPOUI

EDITORIAL DIANA (1982)

APUNTES DE LA CATEDRA DE HIDRAULICA II

ING. SEBASTIAN BECERRA LOPEZ

(1986).