



T
671.5204
B662
e.2.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Mecánica

"CALCULO DE PROPIEDADES DE SECCIONES SOLDADAS
UTILIZANDO COMPUTADORAS"

PROYECTO DE GRADO

Previa a la Obtención del Título de
INGENIERO MECANICO

Presentado por:

VICTOR YURI BOAS AREVALO

GUAYAQUIL

ECUCIDOR

AÑO

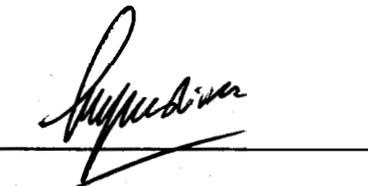
1.992



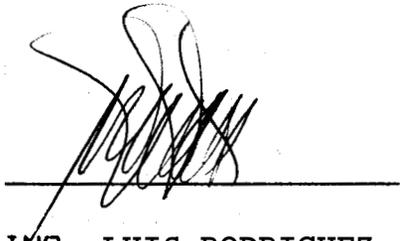
ING. NELSON CEVALLOS
DECANO **4**
FAC. ING. MECANICA



ING. OMAR SERRANO
DIRECTOR
PROYECTO DE GRADO



6 G . JORGE DUQUE
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. LUIS RODRIGUEZ
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MI HERMANITA

A ILIANES

A MI HERMANO

A TODAS LAS PERSONAS

QUE CONFIARON EN MI

A DIOS TODOPODEROSO

QUE SIEMPRE HA

GUIADO MI CAMINO



GGRGDECIMIENTO

Al *Ing. Omar Serrano Valarezo*, Director de mi Tópico de Graduacibn, por la ayuda brindada para el desarrollo de este trabajo.

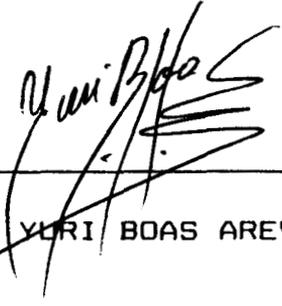
Al *Ing. Luis Rodriguez* y a *Edison Barahona* por su colaboración, sin la cual no se hubiese podido llevar a efecto el presente tema.

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Tópico de Graduación)




YURI BOAS AREVALO

RESUMEN

La importancia de utilizar **métodos** computacionales en el **cálculo** de las propiedades de secciones soldadas, radica principalmente en la facilidad y rapidez con que se puede obtener dichas propiedades, además de permitir obtener resultados de gran **precisión**.



En el presente trabajo se ha desarrollado un programa que permite calcular dichas propiedades, las cuales son el punto de partida para llegar a la solución de una gran variedad de problemas de diseño en soldadura. Dicho programa ha sido complementado para que también permita calcular el tamaño de soldadura, mediante el cual se puede obtener un valor exacto de este **parámetro**. El exceso de tamaño de soldadura es uno de los factores que eleva el costo de las uniones soldadas, encontrándose en esto otra gran ventaja de utilizar **métodos** computacionales en soldadura.

La aplicación práctica que se ha dado al programa, es en el diseño de conexiones soldadas, que son utilizadas en varias estructuras como: puentes, construcciones, estructuras para soporte de maquinaria, etc; en donde se

VII

muestra la ventaja de este tipo de análisis utilizando métodos computacionales, lo cual se traduce en ahorro de tiempo, recursos humanos y materiales.

INDICE GENERAL



	Pags.
RESUMEN	6
INDICE GENERAL	8
INDICE DE FIGURAS	11
LISTA DE ABREVIATURAS	12
CCSPITULO ■	
PROPIEDODES DE LAS SECCIONES	
1.1 IMPORTANCIA DE LAS PROPIEDODES DE LAS SECCIONES EN EL DISEÑO	14
1.2 CSRECS DE LA SECCION	15
1.3 MOMENTO DE INERCIFI	16
1.3.1 MOMENTO DE INERCIA PARA SECCIONES ESPECIFICAS	18
1.3.2 TEOREMO DE LOS EJES PARALELOS	20
1.3.3 MOMENTO DE INERCIFI DE FIGURAS COMPUESTAS	22
1.4 LOCALIZACION DEL EJE NEUTRO	23
1.5 POSICION DEL EJE DE REFERENCIFI	25
1.6 PRODUCTO DE INERCIA	26
1.6.1 TEOREMA DE EJES PARALELOS	29
1.7 EJES PRINCIPALES Y MOMENTOS DE INERCIA	



IX

PRINCIPALES	30
1.8 MOMENTO POLAR DE INERCIA	34
1.9 RADIO DE GIRO	35
1.10 MODULO DE LA SECCION	37

CAPITULO II

CONEXIONES SOLDADAS

2.1 TIPOS DE SOLDADURAS	40
2.2 DETERMINACION DEL TAMAÑO DE SOLDADURA	46
2.3 DETERMINACION DE ESFUERZOS SOBRE LA SOLDADURA	53
2.4 ESFUERZOS DE TENSION SIMPLE, COMPRESION, Y CORTE	57
2.5 ESFUERZOS DE FLEXION Y TORSION	57
2.6 ESFUERZOS CORTANTES HORIZONTALES	59
2.7 METODO PARA LA APLICACION DE CONEXIONES SOLDADAS	61

CAPITULO III

UTILIZACION DE COMPUTADORAS EN EL CALCULO DE PROPIEDADES DE SECCIONES SOLDADAS

3.1 IMPORTANCIA DE LOS METODOS COMPUTACIONALES EN SOLDADURFI	65
3.2 DESCRIPCION DEL PROGRAMA	66
3.2.1 DIAGRAMAS DE FLUJO	67
3.2.1.1 PROGRAMA PRINCIPAL	68

3.2.1.2	SUBROUTINA PARA SELECCIONAR EL TIPO DE CONEXION SOLDADA	71
3.2.1.3	SUBROUTINA PARCI JNGRESAR DATOS DE CADA AREA	77
3.2.1.4	SUBROUTINA PARA CALCULAR LAS COORDENADAS DE CADA AREA	78
3.2.1.5	SUBROUTINA PARA CALCULAR PROPIEDADES DE SECCIONES SOLDADAS	79
3.2.1.6	SUBROUTINA PARA COMPROBAR DATOS	86
3.2.1.7	SUBROUTINA PARA CALCULAR TAMAÑO DE SOLDADURA	88
3.2.1.8	SUBROUTINA PARA MOSTRCIR RESULTADOS	94
3.2.2	MANUAL DE OPERACION	100

CAPITULO IV

APLICACION DEL PROGRAMA

CAPITULO V

ANALISIS DE RESULTADOS

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

APENDICE

BIBLIOGRAFIA

INDICE DE FIGURAS

- 1.- Representación del Momento de Inercia.
- 2.- Momento de Inercia respecto a ejes paralelos.
- 3.- Localización del eje neutro.
- 4.- Representación geométrica del Producto de Inercia.
- 5.- Producto de Inercia respecto a ejes de simetría.
- 6.- Producto de Inercia respecto a ejes paralelos.
- 7.- Momentos de Inercia respecto a eje principales.
- 8.- Representación geométrica del Radio de Giro.
- 9.- Tipos de Soldaduras.
- 10.- Soldaduras de filete.
- 11.- Tamaño de soldadura.
- 12.- Conexión soldada (ejemplo 1).
- 13.- Tipo de conexión soldada.
- 14.- Tamaño de soldadura vs Reacción
- 15.- Conexión Soldada (ejemplo 2).
- 16.- Tipo de conexión soldada.
- 17.- Tamaño de soldadura vs Reacción
- 18.- Conexión Soldada (ejemplo 3).
- 19.- Tipo de conexión soldada.
- 20.- Tamaño de soldadura vs Reacción.



INDICE DE ABREVIATURAS

- AISC - American Institute of Steel Construction.
- AWS - American Welded Society.
- L - Longitud del rectángulo.
- W - Ancho del rectángulo.
- A - Area del rectángulo.
- I - Momento de Inercia.
- r - Distancia al eje.
- dA - Diferencial de Area.
- I_x - Momento de inercia alrededor del eje X.
- I_y - Momento de inercia alrededor del eje Y.
- I_n - Momento de inercia alrededor de su eje neutro.
- I_b - Momento de inercia alrededor de su línea base.
- n - Distancia entre el eje de referencia y el eje neutro.
- ΣM - Sumatorio de momentos.
- ΣA - Sumatorio de Areas.
- I_{xy} - Producto de Inercia.
- a - Angulo formado entre los ejes de referencia y los ejes principales.
- $I_{máx}$ - Momento de inercia máximo.

XIII

- Imín - Momento de inercia mínimo.
- J - Momento polar de inercia.
- R - Radio de giro.
- S - Módulo de la sección.
- c - Distancia a la fibra más alejada.
- t - Grueso de la garganta de soldadura.
- w - Tamaño de soldadura.
- Fr - Fuerza resultante aplicada sobre la soldadura.
- τ - Esfuerzo limite de el tipo de soldadura usado.
- P - Fuerza de tensión o compresión.
- V - Fuerza cortante.
- M - Momento flexionante.
- T - Momento torsionante.

CAPITULO I

PROPIEDADES DE LAS SECCIONES

1.1 IMPORTANCIA DE LAS PROPIEDADES DE LAS SECCIONES EN EL DISEÑO

Las fórmulas básicas usadas en el diseño de miembros estructurales incluyen dos factores:

- a) Las propiedades críticas del material.
- b) **Las** correspondientes propiedades críticas de las secciones de los miembros.

Las propiedades de las secciones, como las propiedades de los materiales tomadas correctamente son muy utilizadas en resolver problemas de diseño en ingeniería.

Una de las propiedades de gran importancia es el AREA de la sección (A). Otras propiedades de enorme transcendencia son: el factor de rigidez, que normalmente es el MOMENTO DE INERCIA (I) de la sección; y el factor de esfuerzo simple que es el MODULO DE LA SECCION (S). (Ref. 1)

Otras propiedades de las secciones discutidas en el presente trabajo son: localización del eje neutro, momento polar de inercia, radio de giro, momentos de inercia máximo y mínimo, etc.

El cálculo de las propiedades de las secciones que se enumeraron anteriormente es de una trascendental importancia en Soldadura, ya que estas son el punto de partida para la resolución de la gran mayoría de los problemas de diseño en Ingeniería de Soldadura, tales como: diseño de conexiones soldadas, diseño de bases para columnas, diseño de estructuras para soporte de maquinaria, diseño de estructuras para construcción de edificios y puentes, diseño de armazones rígidas, traveses, conexiones viga-columna, diseño de cubiertas para puentes, conexiones para construcciones tubulares, construcción de tanques y tolvas, diseño de soportes para placas curvas, etc, con lo cual se justifica plenamente el análisis de dichas propiedades que se realizará a continuación, (Ref. 2).

1.2 AREA DE LA SECCION

El AREA (A) de las secciones de los miembros es usada directamente en cálculos para tensión simple, compresión y corte. Esta viene expresada en

unidades de longitud al cuadrado (L^2). (Ref. 1).

1.3 MOMENTO DE INERCIA

Definimos un Momento como la tendencia hacia la rotación alrededor de un eje, el MOMENTO DE INERCIA de la sección de un miembro estructural es una medida de la resistencia a rotar ofrecida por la geometría de la sección y el tamaño. **Así** el momento de inercia es una propiedad útil resolviendo problemas de diseño donde un momento está envuelto.

El momento de inercia es utilizado en solucionar muchos problemas de rigidez en donde el miembro es una viga o una columna larga. Este, es también requerido para calcular el valor de el Momento Polar de Inercia (J) y el Módulo de la Sección (S) por lo cual tiene un rol importante en solucionar problemas de esfuerzo simple, así como problemas de rigidez.

(Ref. 2).

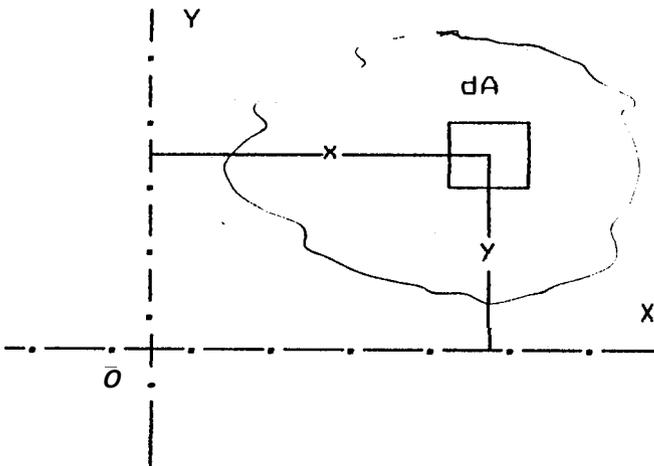
La expresión matemática que nos permite calcular el Momento de Inercia es;

$$I = \int r^2 * dA \quad (1.1)$$

donde:

I = Momento de Inercia
 r^2 = Distancia al eje
 dA = Area subdividida en elementos
 diferenciales

Así, pues, como se observa en la (fig.1), las coordenadas del centro del elemento diferencial dA son (X,Y) , el momento de inercia respecto al eje X es la suma de los productos de cada Area dA por el cuadrado de su brazo de momento y . Por lo tanto:



Representación del Momento de Inercia (Ref. 3)

Figura 1

$$I_x = \int y^2 * dA \quad (1.2)$$

Análogamente, el momento de inercia alrededor del eje Y viene dado por:

$$I_y = \int x^2 * dA \quad (1.3)$$

El momento de inercia en muchas ocasiones se llama segundo momento del área, que es realmente mas apropiada ya que las áreas no tienen masa y, **por** tanto, tampoco tienen inercia. (Ref. 3)

El momento de inercia viene expresada en unidades de longitud elevadas a la cuarta potencia. (L^4)

1.3.1 MOMENTOS DE INERCIA PARA SECCIONES ESPECIFICAS

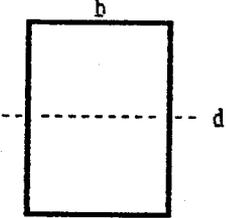
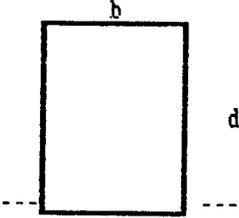
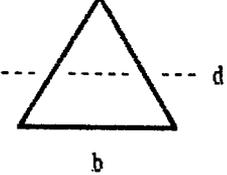
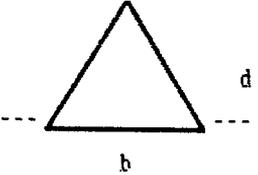
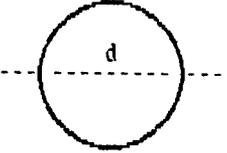
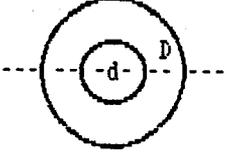
Uno de los métodos para encontrar el valor del momento de inercia es usar las fórmulas simplificadas dadas para secciones típicas. Estas son mostradas en la Tabla (1.1). (Ref. 2). Este método para encontrar (I) es el **más** apropiado para secciones simples, que no pueden ser seccionadas en pequeños elementos. Para usar esta fórmulas hay que tomar el momento de inercia alrededor de la línea correcta. **Asi** el momento de inercia **para** un rectángulo alrededor de su eje neutro ea:

$$I_n = \frac{L * W^3}{12} \quad (1.4)$$

pero el momento de inercia para un rectángulo alrededor de su línea base es:

TABLA 1.1

PROPIEDADES DE SECCIONES STANDARD (REF. 2)

	MOMENTO DE INERCIA	MODULO DE LA SECCION	RADIO DE GIRO
	$\frac{b \cdot d^3}{12}$	$\frac{b \cdot d^2}{6}$	$\frac{d}{12^{0.5}}$
	$\frac{b \cdot d^3}{3}$	$\frac{b \cdot d^2}{3}$	$\frac{d}{3^{0.5}}$
	$\frac{b \cdot d^3}{36}$	$\frac{b \cdot d^2}{24}$	$\frac{d}{18^{0.5}}$
	$\frac{b \cdot d^3}{12}$	$\frac{b \cdot d^2}{12}$	$\frac{d}{6^{0.5}}$
	$\frac{*d^4}{64}$	$\frac{*d^3}{32}$	$\frac{d}{4}$
	$\frac{*(D^4 - d^4)}{64}$	$\frac{*(D^4 - d^4)}{32 D}$	$\frac{D^2 + d^2}{4}^{0.5}$

$$I_b = \frac{L * W^3}{3} \quad (1.5)$$

donde:

L = Longitud del rectángulo

W = Ancho del rectángulo

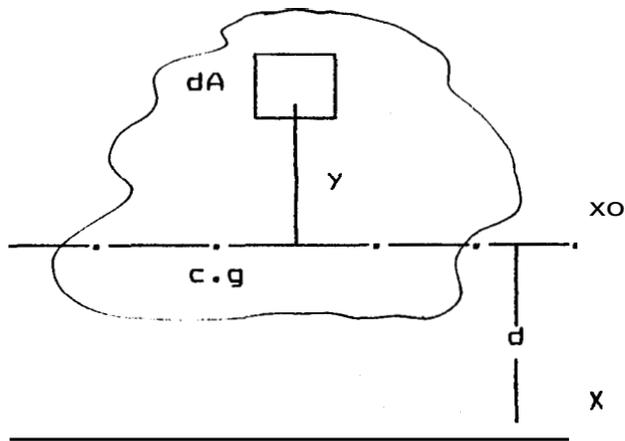
1.3.2 TEOREMA DE LOS EJES PARALELOS

Con frecuencia, es necesario calcular el momento de inercia correspondiente a un eje paralelo. El teorema de los ejes paralelos (TEOREMA DE STEINER) permite hacerlo sin necesidad de integrar nuevamente la fórmula general. (Ref. 3).

Por ejemplo en la (fig. 2), el momento de inercia respecto del eje X_0 que pasa por el centro de gravedad es $I_x = \int y^2 * dA$. El momento de inercia respecto a un eje paralelo X situado a una distancia d del eje X_0 viene dado por:

$$I_x = \int (y + d)^2 * dA \quad (1.6)$$

$$I_x = \int y^2 * dA + 2*d \int y * dA + d^2 \int dA$$



Momento de Inercia respecto a ejes paralelos (REF. 3)

Figura 2

El factor d puede salir de la integral, ya que es constante. El segundo término es cero, ya que $\int y * dA$ es el momento estático del Area respecto de X_0 , que es igual a $A * y$, siendo y la distancia del centro de gravedad al eje de referencia, que es nula por pasar X_0 por el centro de gravedad. Por lo tanto:

$$I_x = \bar{I}_x + A * d^2 \quad (1.7)$$

Esto significa que, para un Area dada, el momento de inercia en relación con un eje cualquiera en su plano es igual al momento de inercia respecto a un eje paralelo que pase por el centro de gravedad, más el producto del área por el cuadrado de la distancia de su centro de gravedad al eje neutro.

1.3.3 MOMENTOS DE INERCIA DE FIGURAS COMPUESTAS

Si una figura puede descomponerse en elementos geométricos (rectángulos, triángulos, etc) aditivos o sustractivos, de momentos de inercia conocidos, el momento de inercia del área total es la suma algebraica de los momentos de inercia de cada parte por separado. Antes de sumar, hay que referir todos los momentos al mismo eje por aplicación reiterada del teorema de Steiner. (Ref. 3). Las ecuaciones que nos permiten realizar el cálculo del momento de inercia para figuras compuestas se presentan a continuación:

$$I_x = \overline{I_x} + A * d^2 \quad (1.7)$$

donde:

I_x = Momento de inercia total respecto al eje X

$\overline{I_x}$ = Momento de inercia respecto de el eje X_0 que pase por el centro de gravedad

$A*d^2$ = Producto del área por el cuadrado de la distancia entre ejes

$$I_y = \overline{I_y} + A * d^2 \quad (1.8)$$

donde:

I_y = Momento de inercia total respecto al eje Y

I_y = Momento de inercia respecto de el eje Y_0 que pase por el centro de gravedad

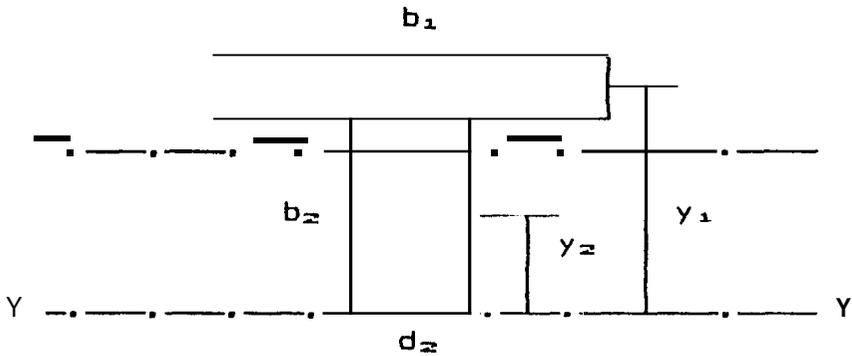
$A*d^2$ = Producto del área **por** el cuadrado de la distancia entre ejes

1.4 LOCALIZACION DEL EJE NEUTRO

En comparación con el momento de inercia de la sección, el eje neutro (N.A) de la sección puede ser localizado. Por ejemplo, en un miembro sujeto a una carga, el eje neutro se extiende a través de la longitud del miembro paralelo al eje de la estructura del miembro y perpendicular a la línea de la fuerza aplicada. (Ref. 2).

El eje neutro representa cero deformación y por lo tanto cero esfuerzo. Las fibras entre el eje neutro y la superficie en el lado interior del arco, causadas por deflexión bajo carga, son producidas bajo compresión. Las fibras entre el eje neutro y la superficie en el lado exterior del arco, causadas por deflexión bajo carga, son producidas bajo tensión. Para propósitos prdcticos, este eje neutro

esta asumido a ser una relación fija a algunos ejes de referencia, usualmente a lo largo de la parte superior o al fondo de la sección. En la (fig.3) el eje de referencia es tomado a través de la línea base de la sección. La sección total es entonces fraccionada en elementos rectangulares. El momento (M) de cada elemento alrededor de el eje de referencia de la sección, es determinado:



Localización del Eje Neutro (Ref. 2)

Figura 3

n = Eje Neutro

Y = Línea Base

M = Área de el elemento multiplicada por la distancia (y) que existe desde el centro de gravedad de el elemento hasta el eje de referencia de la sección. (Ref. 2).

Los momentos de los distintos elementos son entonces

todos adicionados otra vez. Esta suma de momentos es proximamente dividida para el Area total (A) de la sección. Esta operación da como resultado la distancia (n) desde el eje de referencia a el eje neutro, la cual en este caso es la línea base o el extremo de la fibra.

$$n = \frac{\sum M}{\sum A} \quad (1.9)$$

donde:

CM = Sumatoria de momentos

CA = Area total

n = Distancia entre el eje neutro y el eje de referencia o linea base

(n) viene expresado en unidades de longitud (L).

1.5 POSICION DEL EJE DE REFERENCIA

El diseñador dara algunas indicaciones para posicionar el eje de referencia de una sección compuesta, donde esté simplificara sus cálculos.

Si el eje de referencia esta colocado acostado sobre el centro de gravedad de uno de los elementos, este

elimina el subsecuente trabajo sobre este elemento en particular, es decir $y = 0$ para este elemento.

Si el eje de referencia es posicionado a lo largo de la base de la sección compuesta, la distancia de el eje neutro ($n = M/A$), desde el eje de referencia entonces automáticamente puede ser la distancia (c) de el eje neutro a la fibra más alejada. (Ref. 2).

1.6 PRODUCTO DE INERCIA

El producto de inercia es una expresión matemática de la forma:

$$I_{xy} = \int x*y*dA \quad (1.10)$$

donde:

I_{xy} = Producto de Inercia

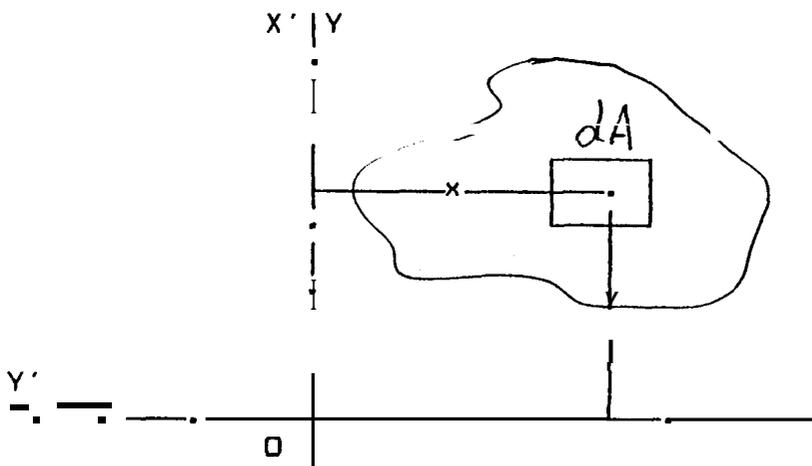
x = Distancia al eje Y

y = Distancia al eje X

dA = Area subdividida en elementos diferenciales

Se lo utiliza para la determinación de los momentos de inercia máximo y mínimo, en la flexión asimétrica de vigas, y en el estudio de estructuras estáticamente indeterminadas. (Ref. 3).

Se expresa en unidades de longitud elevadas a la cuarta potencia (L^4). Sin embargo, el signo, al contrario que en los momentos de inercia, depende de la situación del Area con respecto a los ejes coordenados, siendo positivo si el Area o la mayor parte de ella está en el primer cuadrante o en el tercero, y negativo si lo está en el segundo o en el cuarto cuadrante. Por ejemplo en la (fig.4), el Area está en el primer cuadrante de el sistema de ejes XY, e $I_{xy} = \int x*y*dA$ es positivo, ya que son positivas las coordenadas x e y de todos los elementos diferenciales de área dA. Sin embargo en en relación con el sistema X'Y', obtenido girando 90 en sentido contrario a las manecillas del reloj el sistema anterior, el Area estaria en el cuarto cuadrante, por lo que el producto de inercia seria negativo.



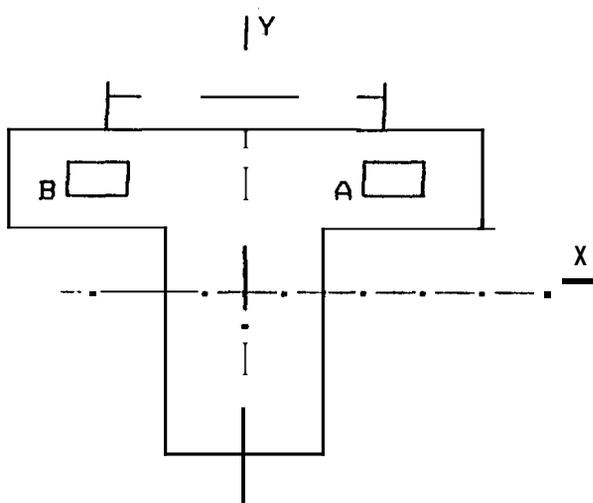
Representación Geométrica del Producto de Inercia (REF.3)

Figura 4

Durante la rotación de los ejes existe una posición crítica en la que el producto de inercia cambia de signo y será, por tanto, nulo. Los ejes que ocupan esta posición se llaman ejes principales de la sección.

PRODUCTO DE INERCIA CON RESPECTO A LOS EJES DE SIMETRÍA

El producto de inercia es cero con respecto a los ejes de simetría. (Ref. 3). Si se examina una sección simétrica cualquiera, como la T de la (fig. 5). Observamos que para cada elemento de Área A, existe otro igual, simétricamente dispuesto, B. Respecto del eje de simetría Y, las abscisas "x" de A y B son iguales y de signo contrario, mientras que



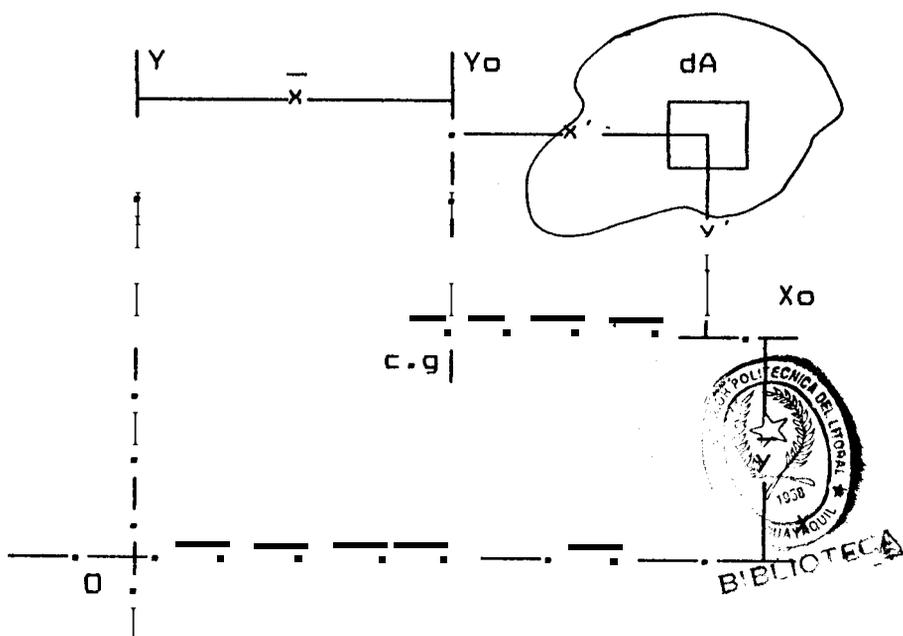
Producto de Inercia respecto a ejes de simetría (REF. 3)

Figura 5

sus ordenadas "y" son iguales y del mismo signo, independientemente de la posición del eje X. Por tanto, la suma de los productos $x*y*dA$ en cada par de elementos A y B será nula. Por consiguiente, el valor de I_{xy} para el Area total es cero, si uno, o los dos ejes de referencia son de simetria.

1.6.1 TEOREMA DE EJES PARALELOS

Consideremos un Area como se ve en la (Fig. 6) y cuyo producto de inercia respecto a X_0Y_0 es I_{xy} . Si trazamos un nuevo sistema de ejes XY , paralelo a los anteriores, de manera que las coordenadas del centroide del Area con



Producto de Inercia respecto a ejes paralelos (REF. 3)

Figura 6

respecto a este nuevo sistema sean X e Y .

Por definición el producto de inercia respecto a X_0Y_0 es:

$$\overline{ixy} = \int x' * y' * dA \quad (1.11)$$

y respecto de los ejes paralelos XY :

$$I_{xy} = \int (x' + \bar{x}) * (y' + \bar{y}) * dA \quad (1.12)$$

La ecuación (8.1) puede escribirse como:

$$I_{xy} = \overline{ixy} + A * \bar{x} * \bar{y} \quad (1.13)$$

Esta fórmula constituye el teorema de STEINER en el caso del producto de inercia, y facilita el cálculo de éste, en áreas compuestas de figuras geométricas sencillas.

1.7 EJES PRINCIPALES Y MOMENTOS DE INERCIA PRINCIPALES

A veces es necesario determinar el momento de inercia con respecto a unos ejes que forman un ángulo α con los ejes normalmente. El problema puede enunciarse en la forma siguiente:

Consideremos el área A y los ejes coordenadas X y Y ,

como se observa en la (fig.7). Suponemos que los momentos y el producto de inercia son:

$$I_x = \int y^2 * dA \quad (1.2)$$

$$I_y = \int x^2 * dA \quad (1.3)$$

$$I_{xy} = \int x * y * dA \quad (1.10)$$

del área dA son conocidos y nos proponemos determinar los momentos y productos de inercia I_x' , I_y' , I_{xy}' , respecto a los nuevos ejes $X'Y'$ obtenidos al rotar los ejes originales un ángulo α alrededor del origen.

Consideremos primero las siguientes relaciones entre las coordenadas x, y i x', y' del elemento de Área dA :

$$x' = x * \cos\alpha + y * \sen\alpha$$

$$y' = -x * \sen\alpha + y * \cos\alpha$$

Sustituyendo y' en la expresión para I_x , tenemos:

$$I_{x'} = \int (y')^2 * dA$$

$$I_{x'} = \int (y * \cos\alpha - x * \sen\alpha)^2 * dA$$

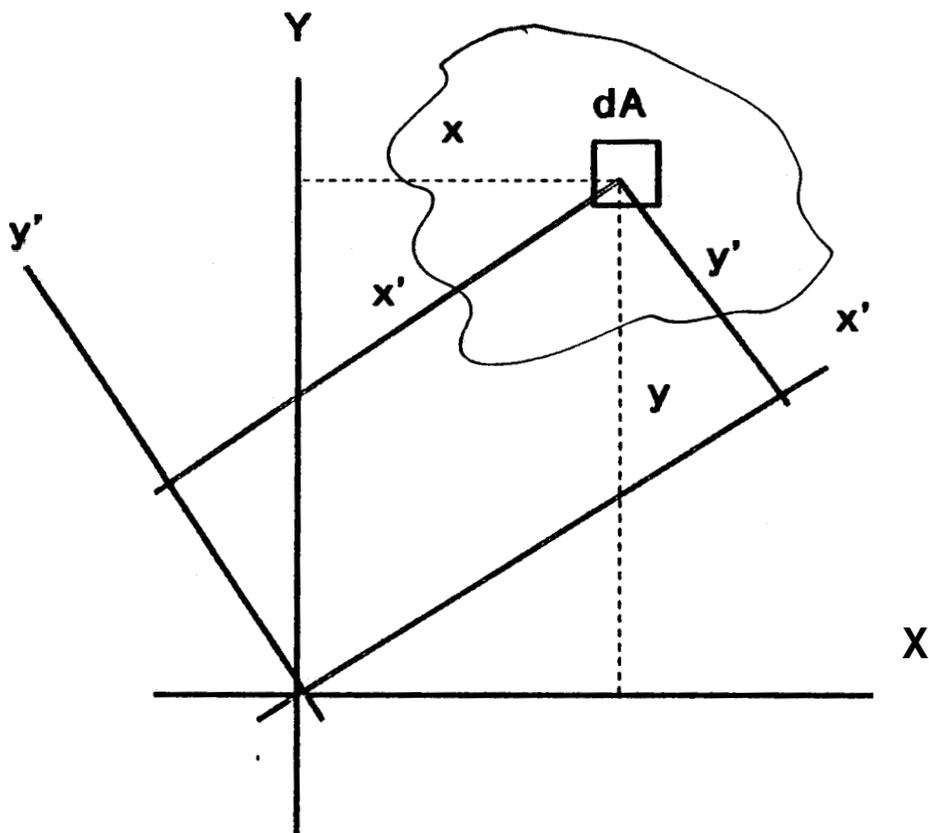


FIGURA 7
MOMENTOS DE INERCIA RESPECTO
A EJES PRINCIPALES (REF. 3)

tomando en cuenta las relaciones (1.2), (1.3), (1.10), tenemos:

$$I_{x'} = I_x \cos^2 \alpha + I_y \sin^2 \alpha - 2I_{xy} \sin \alpha \cos \alpha \quad (1.14)$$

En forma similar, obtenemos para $I_{y'}$ e $I_{x'y'}$, las expresiones:

$$I_{y'} = I_x \sin^2 \alpha + I_y \cos^2 \alpha + 2I_{xy} \sin \alpha \cos \alpha \quad (1.15)$$

$$I_{x'y'} = (I_x - I_y) \sin \alpha \cos \alpha + I_{xy} (\cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha) \quad (1.16)$$

usando las identidades trigonométricas

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha \quad \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha$$

podemos escribir (1.14), (1.15), (1.16), como sigue:

$$I_{x'} = I_x \cos^2 \alpha + I_y \sin^2 \alpha - I_{xy} \sin 2\alpha \quad (1.17)$$

$$I_{y'} = I_x \sin^2 \alpha + I_y \cos^2 \alpha + I_{xy} \sin 2\alpha \quad (1.18)$$

$$I_{x'y'} = (I_x - I_y) \sin 2\alpha / 2 + I_{xy} \cos 2\alpha \quad (1.19)$$

La posición de los ejes $X'Y'$ para la que los momentos de inercia son máximo y mínimo, se puede determinar derivando (1.17) respecto de α e igualando a cero esta derivada. Para estos valores de α se halla que el producto de inercia es cero y que los momentos de inercia máximo y mínimo son:

$$I_{\text{máx}} = \frac{I_x + I_y}{2} + \sqrt{\frac{(I_x - I_y)^2}{4} + (I_{xy})^2} \quad (1.20)$$

$$I_{\text{mín}} = \frac{I_x + I_y}{2} - \sqrt{\frac{(I_x - I_y)^2}{4} + (I_{xy})^2}$$

Los valores a pueden obtenerse haciendo $I_{x'y'} = 0$ en la ecuación (1.19) y se obtiene:

$$\tan 2\alpha = \frac{-2I_{xy}}{I_x - I_y} \quad (1.21)$$

Mediante el ángulo α logramos definir la posición en que se encuentran dos nuevos ejes. Los dos ejes definidos de esta manera son perpendiculares entre sí y se llaman ejes principales del Area respecto a el origen (0), y los valores correspondientes $I_{\text{máx}}$ e $I_{\text{mín}}$ del momento de inercia se llaman momentos de inercia principales respecto a (0). (Ref. 3).

1.8 MOMENTO POLAR DE INERCIA

El Momento Polar de Inercia (J) de un área es igual a la suma de los dos momentos de inercia alrededor de los ejes en angulo recto a cada uno. Este es tomado alrededor de **un** eje, el cual es perpendicular al plano de los otros dos ejes. (Ref. 3).

El momento polar de inercia de un area cualquiera delimitada en el plano XY con respecto al eje Z

perpendicular a XY viene dado por la siguiente ecuación:

$$J_z = \int r^2 * dA \quad (1.22)$$

$$J_z = \int (x^2 + y^2) * dA \quad (1.23)$$

$$J_z = \int x^2 * dA + \int y^2 * dA \quad (1.24)$$

reemplazando las ecuaciones (1.2), (1.3), en (1.24), obtenemos:

$$J_z = I_x + I_y \quad (1.25)$$

El momento polar de inercia es usado en determinar el Módulo Polar de la Sección (J/c) el cuál es una medida de el esfuerzo bajo cargas torsionales de barras sólidas redondas y de columnas tubulares cerradas. Las unidades en que se expresa el Momento Polar de Inercia son las mismas que se utilizan para los momentos de inercia; es decir unidades de longitud elevadas a la cuarta potencia (L^4).

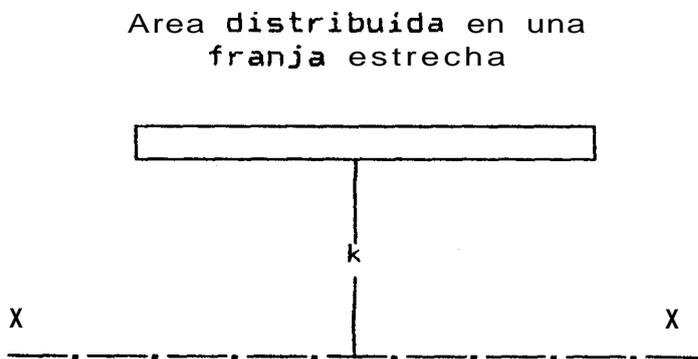
1.9 RADIO DE GIRO

El concepto de Radio de Giro se utiliza mucho en ingeniería, en particular, en las expresiones de las columnas. El radio de giro (r) es la distancia

uniforme del eje neutro de una sección a un punto imaginario en el cual el Área total puede ser concentrada, teniendo el mismo momento de inercia. (Ref. 3). Esta es calculada tomando la raíz cuadrada de el momento de inercia dividido para el Área de la sección.

$$K = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (1.26)$$

Veamos una interpretación geométrica del radio de giro. Supongamos que el área de la (fig.1) se distribuye en una estrecha faja rectangular, como se observa en la (fig.8).



Representación Geométrica del Radio de Giro (REF. 3)

Figura 8

Cada elemento se encuentra a una distancia R del eje de inercia. El momento de inercia en este caso:

$$I = \int k^2 * dA = k^2 \int dA$$

$$I = K^2 * A$$

pués todos los elementos de área tienen el mismo brazo de momento. De acuerdo con esto, para un área cuya dimensibn, en sentido perpendicular al eje de referencia, sea muy pequeña comparada con la distancia al eje, el radio de giro equivale practicamente a la distancia de su centro de gravedad al eje. El radio de giro viene expresado en unidades de longitud (L).

1.10 MODULO DE LA SECCION

El Módulo de la Seccibn (S) es una medida de la fuerza de una viga en flexidn, y es calculado su valor dividiendo el momento de inercia (I) para la distancia (c) de el eje neutro a la fibra más exterior de la seccibn:

$$S = \frac{I}{c} \quad (1.27)$$

Siempre la distancia (c) puede ser medida en **dos** direcciones, la primera que va de el eje neutro a la parte superior, y la segunda que va de el eje neutro a el fondo de la superficie de la viga. (Ref. 2).

Si la seccibn es simétrica, estos dos valores son

iguales. En una sección asimétrica, la cara exterior tiene el mayor valor de (c) , por lo cual tenemos un valor bajo de el Módulo de la Sección (S) , y por consiguiente un mayor esfuerzo. Siempre donde se obtiene el mayor esfuerzo, es el valor que se utiliza.

El módulo de la sección se expresa en unidades de longitud elevadas a la tercera potencia (L^3).

CAPITULO 11

CONEXIONES SOLDADAS

La soldadura es un proceso en el que se unen partes metálicas mediante el calentamiento de sus superficies a un estado fluido, permitiendo que las partes fluyan y se unan con o sin la adición de otro metal fundido.

Aunque la soldadura moderna existe desde hace un buen número de años, sólo ha llegado a ser lo que es, durante las últimas décadas, en su aplicación a la Ingeniería de Estructuras, comprendidos edificios y puentes. La adopción de soldadura estructural fue muy lenta durante varias décadas, por que muchos pensaban que la soldadura tenía dos grandes desventajas:

- a) que las soldaduras tenían poca resistencia a la fatiga, en comparación con las conexiones remachadas.
- b) que era imposible asegurar una alta calidad de soldadura si no se contaba con una inspección

irracionalmente amplia y costosa. (Ref. 4).

Haciendo caso omiso de la validez de los temores mencionados, en la actualidad, la mayoría de los Ingenieros están de acuerdo que existe una pequeña diferencia entre la resistencia a la fatiga de las juntas remachadas y la de las soldadas. También se admite que las reglas que gobiernan la calificación de los soldadores, las mejores técnicas, aplicadas, y los requerimientos para la mano de obra de las Especificaciones de la AWS, hacen de la inspección de la soldadura un problema de mucho menor dificultad. Como consecuencia, la soldadura es ahora permitida en casi todos los trabajos estructurales.

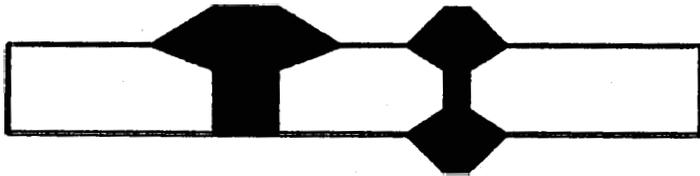
2.1 TIPOS DE SOLDADURAS

Los dos tipos principales de soldaduras son las soldaduras de filete y las soldaduras a tope. Existen además las soldaduras de tapón y de ranura, que no son comunes en el trabajo estructural. Estos cuatro tipos de soldadura se muestran en la (Fig.9).

Las soldaduras de filete han mostrado ser más débiles que las soldaduras a tope; sin embargo, la mayoría de las conexiones estructurales se realizan



SOLDADURA DE FILETE



SOLDADURA A TOPE

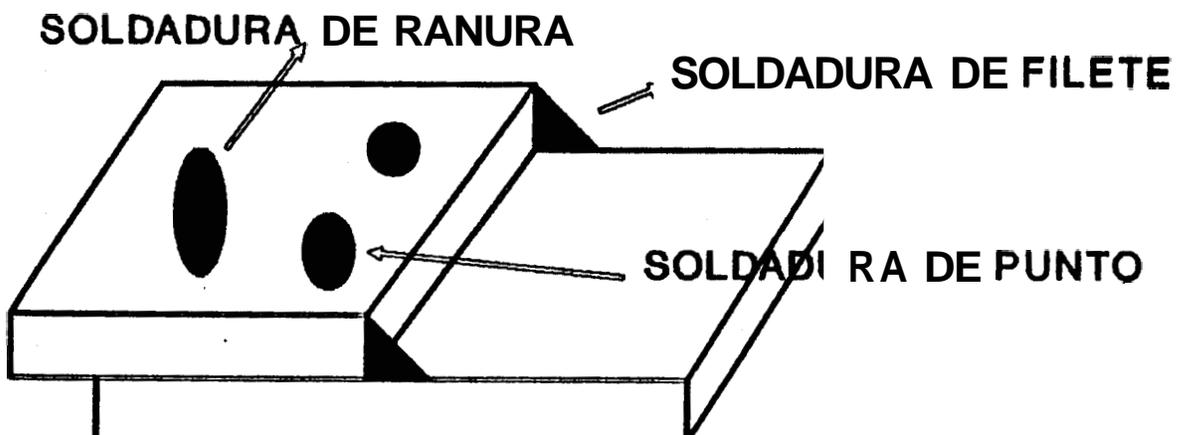


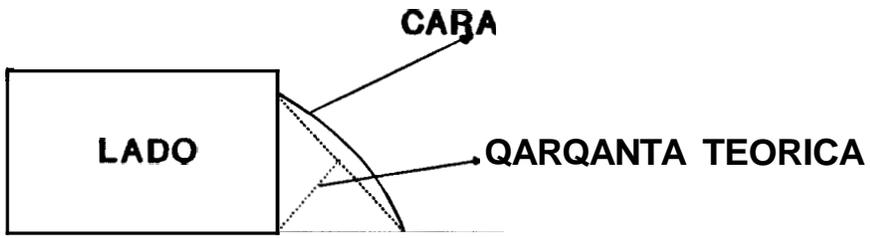
FIGURA 9
TIPOS DE SOLDADURAS (REF. 4)

con soldaduras de filete. Cualquier persona que haya tenido experiencia en estructuras de aceros entenderá el porqué de las soldaduras de filete son más comunes que las soldaduras a tope. Por tal razón este trabajo se centra principalmente en el estudio de soldaduras de filete. (Ref. 4).

a.- SOLDADURAS DE FILETE

Las pruebas han mostrado que las soldaduras de filete son más resistentes a la tensión y a la compresión que al corte, de manera que los esfuerzos determinantes en soldaduras de filete que establecen las especificaciones para soldadura, son los esfuerzos de corte.

Cuando sea práctico usar soldadura de filete es conveniente arreglar las conexiones, de modo que estén sujetas únicamente a esfuerzos de corte, y no a la combinación de corte y tensión, o corte y compresión. El espesor teórico de la garganta de diversas soldaduras de filete se muestra en la (Fig. 10). El Área de la garganta es igual al espesor teórico de la misma por la longitud de la soldadura. Su resistencia, por consiguiente, se supone igual al esfuerzo de corte permisible por el Área teórica de la



SUPERFICIE CONCAVA



SUPERFICIE DE FILETE DE LADOS DESIGUALES

FIGURA 10
SOLDADURAS DE FILETE (REF. 4)

garganta de soldadura. En esta figura, la raiz de la soldadura es el punto donde las superficies de las caras de las piezas del metal original se intersectan, y el espesor teórico de la soldadura es la distancia más corta de la raiz de la soldadura a la superficie externa de ella. (Ref. 4).

La soldadura de filete debe tener de preferencia una superficie plana o ligeramente convexa. La experiencia de años ha demostrado que los cordones de paso simple de forma cóncava, tienen gran tendencia a agrietarse por efecto del enfriamiento.

Cuando un filete cóncavo se contrae, en su superficie tiene lugar una tensión, que lo tiende a agrietar, mientras que si es convexa, la contracción no provoca tensión en la superficie exterior, sino que al contrario, como la cara se acorta, se produce compresión.

b.- TIPOS DE SOLDADURA DE FILETE

A la soldadura de filete se la ha subdividido de acuerdo a la carga aplicada sobre el cordón de soldadura en cuatro grupos.

- 1.- Soldaduras primarias; que transmiten toda la carga a un punto en particular, en el cual puede ser localizada. Si la soldadura falla, el miembro falla. La soldadura puede tener las mismas propiedades que el miembro en dicho punto.

- 2.- Soldaduras secundarias simplemente apoyadas, se juntan las partes y así forman el miembro. En muchos casos, las fuerzas sobre la soldadura son bajas.

- 3.- Soldaduras paralelas que tienen fuerzas aplicadas paralelas a sus ejes. En el caso de soldaduras de filete, la garganta es fortada solamente en corte. El máximo esfuerzo cortante ocurre sobre la garganta a 45° .

- 4.- Soldaduras perpendiculares tienen fuerzas aplicadas perpendicularmente o en ángulo recto a sus ejes. En el caso de soldaduras de filete, la garganta es forzada solamente en corte y en tensión o compresión. El máximo esfuerzo cortante ocurre sobre la garganta a 67.5° y el máximo esfuerzo normal a 22.5° sobre la garganta. (Ref. 2).

2.2 DETERMINACION DEL TAMAÑO DE SOLDADURA

a.- CUANDO CALCULAR EL TAMAÑO DE SOLDADURA

El excesivo uso de soldadura es uno de los mayores factores que influyen en el costo de soldadura. Determinar el correcto tamaño de soldadura es el primer paso para obtener un bajo costo en los procesos de producción.

Este demanda un simple método que provee un adecuado esfuerzo para todos los tipos de conexiones soldadas.

En conexiones resistentes, la completa penetración de la soldadura de ranura debe ser hecha en todos los caminos a través de la placa. Una soldadura a tope, adecuadamente realizada, tiene igual o mejor resistencia que la placa, y no hay necesidad de calcular el esfuerzo en la soldadura. Sin embargo, el tamaño de la penetración parcial de la soldadura de ranura puede algunas veces ser necesario. (Ref. 2).

Cuando soldamos aceros aleados, es necesario que coincidan la resistencia de la soldadura

con la resistencia de la placa. Esto es, hacer primeramente una elección adecuada de el electrodo y de el proceso de soldadura.

En soldadura de filete, se puede realizar una soldadura demasiado corta o una demasiado larga; por lo tanto es necesario determinar el adecuado tamaño de soldadura.

b. - SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO

La AWS y la AISC requieren de la combinación de un electrodo y la selección de un fundente para usarse en la soldadura **por arco** sumergido.

Para producir la soldadura teniendo las propiedades de tensión listadas en la Tabla (2.1) se requiere de la combinación anotada anteriormente, cuando depositamos una soldadura de múltiples pasos. (Ref. 2).

La resistencia a la tensión es el esfuerzo real que soporta el material bajo la acción de una carga, y no debe sobrepasar el máximo esfuerzo al que puede ser sometido el material (80000psi) para SAW TIPO 1 y (90000 psi) para

TABLA 2.1

PROPIEDADES REQUERIDAS PARA SOLDADURA
 AUTOMATICA POR ARCO SUMERGIDO
 (AWS & AISC) (REF. 2)

SAW (TIPO-1)		
RESISTENCIA A LA TENSION	62.000 A 80.000	PSI
ELONGACION EN 2 PUL. MIN.		25%
REDUCCION DE AREA. MIN.		40%

SAW (TIPO-2)		
RESISTENCIA A LA TENSION	70.000 A 90.000	PSI
ELONGACION EN 2 PUL. MIN.		22%
REDUCCION DE AREA. MIN.		40%

SAW TIPO 2, con un cierto grado de seguridad en la estructura o elemento que se considere.

La determinación de dicho esfuerzo debe hacerse por equipos de ingenieros con experiencia. Estos esfuerzos se emplean según los casos y suelen publicarse en numerosas especificaciones y normas de construcción. (Ref. 3).

c.- DETERMINACION DEL TAMAÑO DE SOLDADURA

La AWS ha definido el área efectiva de la garganta de una soldadura de filete, como el producto de el espesor teórico de la miema por la longitud de la soldadura. La garganta es definida como la distancia más corta desde la raiz de la soldadura a la superficie de la misma.

Para el filete de 45° (fig.11) o de lados iguales, el espesor de la garganta es 0.707 veces el tamaño de la soldadura, pero tiene diferentes valores para soldaduras de filetes desiguales. (Ref. 2)

$$t = 0.707*w \quad (2.1)$$

El esfuerzo limite sobre el filete de soldadura

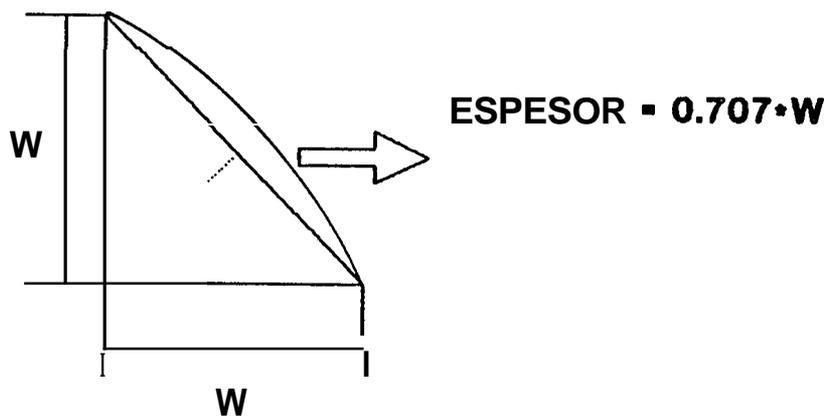
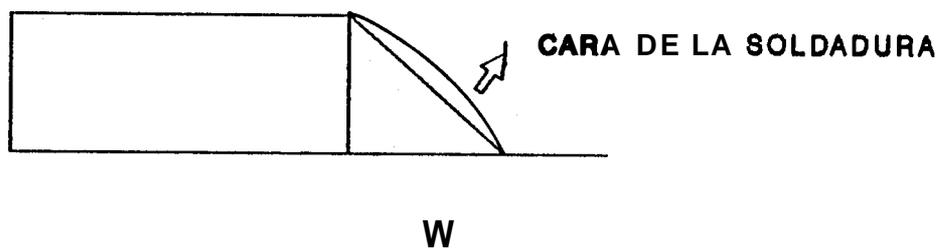


FIGURA 11
TAMAÑO DE SOLDADURA (REF. 2)

para 1 pulg. de longitud es:

$$F = 0.707 * w * \tau \quad (2.2)$$

donde:

F = Esfuerzo límite sobre el filete de soldadura, lb por pulg

w = Longitud del tamaño del filete de soldadura, pulg

τ = Limite del esfuerzo cortante sobre garganta de la soldadura, psi



BIBLIOTECA

De acuerdo a la AWS el tamaño de soldadura de un filete soldado es medido por el mayor triángulo rectángulo que se puede inscribir dentro del cordón.

En uniones sólo conectadas por filetes o cordones soldados el tamaño mínimo de soldadura corresponde a la Tabla (2.2). Este tamaño está determinado por el espesor de la parte mas gruesa unida, pero no tiene que exceder el espesor de la parte más delgada unida.



BIBLIOTECA

Para espesores de placas menores que 1/4 de pulgada, el tamaño de soldadura efectivo máximo

TABLA 2.2

TAMARO **MINIMO** DE SOLDADURA

(AWS) (REF. 2)

ESPELOR DE LA PLACA MAS GRUESA A SOLDAR t	MINIMO TAMARO DEL FILETE DE SOLDADURA w
hasta 1/2" incluida	3/16"
sobre 1/2" hasta 3/4"	1/4"
sobre 3/4" hasta 1 1/2"	5/16"
sobre 1 1/2" hasta 2 1/4"	3/8"
sobre 2 1/4" hasta 6"	1/2"
sobre 6"	5/8"

del filete soldado debe ser igual al espesor de la placa. (Ref. 2).

Visualizando la conexitjn soldada como una línea simple se puede entender ,el area soldada como la longitud total del cordón.

El tamaño de soldadura (w) de una conexitjn es obtenido dividiendo el resultado de la fuerza de la soldadura encontrado, para el limite de esfuerzo de el particular tipo de soldadura usado (filete o ranura), obtenido de las Tablas (2.3) y (2.4).

$$w = Fr/\tau \quad (2.3)$$

donde:

w = Tamaño de soldadura (pulg)

Fr = Esfuerzo sobre la soldadura (lb/pulg)

τ = Esfuerzo limite de el tipo de soldadura usado (psi)

2.3 DETERMINACION DE ESFUERZOS SOBRA LA SOLDADIJRA

Ahora nuestro problema se centrará en la determinación de el esfuerzo resultante (Fr) que

TABLA 2.3

ESFUERZO LIMITE PARA SOLDADURAS EN CONSTRUCCIONES
(AWS & AISC) (Ref. 2)

SOLDADURA	ESFUERZOS	ACEROS	ELECTRODOS	LIMITE
COMPLETA PENETRACION	TENSION COMPRESION CORTANTE	A7, A36 A373	E60 SAW1	IGUAL R
		A441, A242	E70 SAW2	
SOLDADURA CON FILETE	CORTANTE SOBRE GARGANTA EFECTIVA	A7, A36 A373	E60 SAW1	F=9600*w
		A441, A442	E60LH SAW2	
		A7, A373	E70 SAW2	
		A36	E70 SAW2	F=11200w
		A441, A442	E70LH SAW2	
TAPON Y RANURA	CORTANTE S. AREA EFECTIVA	LO MISMO QUE PARA SOLDADURA CON FILETE		

TABLA 2.4

ESFUERZO LIMITE PARA SOLDADURAS EN PUENTES

(AWS & AISC) (REF. 2)

SOLDADURA	ESFUERZOS	ACEROS	ELECTRODOS	LIMITE
COMPLETA PENETRACION	TENSION COMPRESION CORTANTE	A7, A373 A36 ≤ 1"	E60 SAW1	IGUAL R_L
		A36 > 1"	E60LH SAW1	
		A441, A242	E70LH SAW2	
SOLDADURA CON FILETE	CORTANTE SOBRE GARGANTA	A7, A373 A36 ≤ 1"	E60 SAW1	F=8800*w
		A36 > 1"	E60LH SAW1	
		A441, A242	E70LH SAW2	F=10400w

actúa sobre la soldadura. Para lo cual procederemos de la siguiente manera: (Ref. 5).

Si hay dos esfuerzos que formen un ángulo recto entre ellas, el resultado es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de estos dos esfuerzos.

$$Fr = (F_1^2 + F_2^2)^{0.5} \quad (2.4)$$

Si existen tres esfuerzos, cada una en ángulo recto respecto a la otra, el resultado es igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los tres esfuerzos.

$$Fr = (F_1^2 + F_2^2 + F_3^2)^{0.5} \quad (2.5)$$

Para insertar las propiedades de las conexiones soldadas tratadas como una línea en las fórmulas estándar de diseño que posteriormente analizaremos para cada caso, como son para soldaduras primarias:

- a.- Tensión o Compresión
- b.- Cortante
- c.- Flexión
- d.- Torsión

y para soldaduras secundarias:

e.- Cortante horizontal

f.- Torsión y Cortante horizontal

el esfuerzo sobre la soldadura (F) puede ser encontrada en términos de libras por pulgada.

2.4 ESFUERZOS DE TENSION SIMPLE, COMPRESION, Y CORTE

Para una carga de tensión simple, compresión y corte, la carga dada es dividida para el área de la soldadura, para llegar al esfuerzo aplicada, que se expresa en lb por pulgadas. A partir de esta fuerza, podemos determinar el tamaño de la soldadura de filete, o la soldadura a tope. (Ref. 5).

TIPO DE CARGA	ESFUERZO SOBRE LA SOLDADURA
TENSION O COMPRESION	$F = P/A_w$ (lb/pulg) (2.6)
CORTANTE	$F = V/A_w$ (lb/pulg) (2.7)

2.5 ESFUERZOS DE FLEXION Y TORSION

El problema aquí es determinar las propiedades de la conexión soldada, en orden primero chequear el esfuerzo para luego encontrar el tamaño de

superficie de soldadura.

Algunos textos diseñan, asumiendo un cierto tamaño de superficie de soldadura y entonces calculan el esfuerzo en la soldadura **para** luego ver si este es confiable o no. Si el resultado es demasiado grande entonces el tamaño de la superficie de la soldadura es reajustado. (Ref. 5).

Este método tiene las siguientes desventajas:

- 1.- Alguna decisión puede ser hecha como que la garganta de la sección esta siendo usada para determinar las propiedades de la soldadura.
- 2.- **Los** esfuerzos resultantes pueden ser combinados **y** para algunos tipos de carga, estos pueden ser complicados.

En contraste, el siguiente es un método simple para determinar el correcto tamaño de soldadura requerido, para un adecuado esfuerzo. Este es un método en el cual la soldadura es tratada como una línea. Este método presenta las siguientes ventajas:

- 1.- No se necesita considerar áreas de garganta, por que solamente una línea es considerada.

- 2.- Las propiedades de las conexiones soldadas son fácilmente encontradas de una tabla sin conocer todavía el tamaño de la superficie soldada.
- 3.- Las fuerzas son consideradas sobre una unidad de longitud de soldadura, eliminando así el problema de esfuerzos combinados.
- 4.- Es verdad que la distribución de esfuerzos sin una soldadura de filete es compleja, debido a la excentricidad de la fuerza aplicada, forma del filete, efecto de muescas en la raíz, etc, sin embargo, estas mismas condiciones existen en las actuales soldaduras de filete ensayadas y tienen que ser recordadas como una fuerza unitaria por unidad de longitud de soldadura.

TIPO DE CARGA	ESFUERZO SOBRE LA SOLDADURA
FLEXION	$F = M/S_w$ (lb/pulg) (2.8)
TORSION	$F = T*C/J$ (lb/pulg) (2.9)



BIBLIOTECA

2.6 ESFUERZOS CORTANTES HORIZONTALES

Los esfuerzos cortantes horizontales son producidos en juntas soldadas, que nos permiten unir vigas y placas para formar una estructura. Dichos esfuerzos

se producen de la siguiente manera:

- a.- Cargas aplicadas transversalmente a miembros causan momentos flexionantes.
- b.- Los momentos flexionantes varían a lo largo de la longitud de la viga causando esfuerzos cortantes horizontales.
- c.- Los esfuerzos cortantes horizontales requieren soldaduras que transmitan la fuerza entre la viga **y las** placas.

Estos esfuerzos pueden ser encontradas mediante la siguiente expresión. (Ref. 5).

$$F = \frac{V * A * Y}{I * N} \quad (2.10)$$

donde:

F = Esfuerzo sobre la soldadura (lb/pul).

V = Fuerza cortante total sobre la sección a una posición dada a lo largo de la viga (lb).

A = Área de la viga agarrada por la soldadura (pulg²).

Y = Distancia entre el centro de gravedad de el área de la viga y el eje neutro de la

sección total (pulg).

I = Momento de inercia de la sección total
(pulg⁴).

N = Numero de juntas soldadas entre la viga y
las placas

El esfuerzo cortante horizontal viene expresado en
lb por pulgadas.

TIPO DE CARGA	ESFUERZO SOBRE LA SOLDADURA
---------------	-----------------------------

CORTANTE HORIZONTAL	$F = V * A * Y / I * N$ (2.10)
---------------------	--------------------------------

2.7 METODO PARA LA APLICACION DE CONEXIONES SOLDADAS

- 1.- Encontramos la posicitjn sobre la conexión soldada donde la combinación de esfuerzos sera maxima.
- 2.- Encontrar el valor de cada una de las fuerzas sobre la conexión soldada en ese punto :
 - a) Usar la Tabla (2.5) para determinar la fórmula estándar de diseño y encontrar la fuerza sobre la soldadura
 - b) Usar la Tabla (2.6) para encontrar las propiedades de las secciones de soldadura

tratadas como una línea.

- 3.- Combinar vectorialmente todas las fuerzas sobre la soldadura en ese punto.
- 4.- Determinar el tamaño de soldadura requerido, dividiendo el valor de la fuerza resultante para el límite de esfuerzo dado en las Tablas (2.3) y (2.4). (Ref. 5).

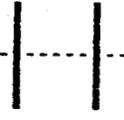
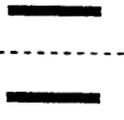
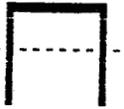
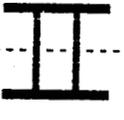
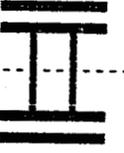
TABLA 2.5

DETERMINACION DE ESFUERZOS SOBRE LA SOLDADURA (REF. 2)

TIPO DE CARGA	ESFUERZO SOBRE LA SOLDADURA (LB/PULG)
1.- TENSION O COMPRESION	$F = P/A_w$
2.- CORTANTE	$F = V/A_w$
3.- FLEXION	$F = M/S_w$
4.- TORSION	$F = T \cdot C/J_w$
5.- CORTANTE HORIZONTAL	$F = V \cdot A \cdot Y/I \cdot N$

TABLA 2.6

PROPIEDADES DE LAS CONEXIONES SOLDADAS TRATADAS COMO UNA LINEA (REF. 2)

CONEXION SOLDADA	FLEXION	TORSION
	$S_w = \frac{d^2}{6}$	$J_w = \frac{d^3}{12}$
	$S_w = \frac{d^2}{6}$	$J_w = \frac{d(3b^2+d^2)}{6}$
	$S_w = b*d$	$J_w = \frac{b^3+3b*d^2}{6}$
	$S_w = \frac{4b*d+d^2}{6}$	$J_w = \frac{(b+d)^4-6b*d^2}{12(b+d)}$
	$S_w = \frac{2b*d+d^2}{3}$	$J_w = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{(b+2d)}$
	$S_w = b*d + \frac{d^2}{6}$	$J_w = \frac{(2b+d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{(2b+d)}$
	$S_w = b*d + \frac{d'^2}{3}$	$J_w = \frac{(b+d)^3}{6}$
	$S_w = \frac{2b*d+d^2}{3}$	$J_w = \frac{(b+2d)^3}{12} - \frac{d^2(b+d)^2}{(b+2d)}$
	$S_w = \frac{4b*d+d^2}{3}$	$J_w = \frac{d^3(4b+d)}{6(b+d)} - \frac{b^3}{6}$
	$S_w = b*d + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{b^3+3b*d^2+d^3}{6}$
	$S_w = 2b*d + \frac{d^2}{3}$	$J_w = \frac{b^3+3b*d^2+d^3}{6}$

CAPITULO III

UTILIZACION DE COMPUTADORAS EN EL CALCULO DE PROPIEDADES DE SECCIONES SOLDADAS

3.1 IMPORTANCIA DE **LOS** METODOS COMPUTACIONALES EN SOLDADURA

La programacibn es la actividad de comunicar algoritmos a los computadores. Un algoritmo es un procedimiento computacional cuyos pasos se especifican por completo. Cuando se dan instrucciones en una lengua, otras personas lo ejecutan. El proceso de programacibn es análogo, con la salvedad de que las computadores no toleran la ambigüedad y necesitan la especificación detallada de todos los pasos, por lo que estas instrucciones han de escribirse en un lenguaje muy preciso.

Un computador es una mdquina capaz de almacenar informacibn y actuar de acuerdo con las instrucciones dadas, lo cual ha sido aprovechado para resolver problemas de Soldadura, en los cuales

se plantean incógnitas, que al resolverlas por métodos manuales de cálculo, consumirán largos intervalos de tiempo. De aquí la gran importancia de los métodos computacionales; la alta velocidad con que puede almacenar y procesar información, la cual nos permitird la resolución de problemas en un corto intervalo de tiempo y por lo tanto facilitar la realización de un determinado trabajo.

Otra de las ventajas de utilizar métodos computacionales es que se puede simular fdcilmente procesos de soldadura, con la seguridad de que el programa dard resultados verdaderos, lo cual traerá como consecuencia un ahorro de tiempo y dinero.

Por lo tanto, se resume que la importancia de los métodos computacionales en el campo de la soldadura es en tiempo y costos.

3.2 DESCRIPCION DEL PROGRAMA



El programa para el cálculo de las propiedades de las secciones soldadas (SECTPROP), está escrito en lenguaje basic con un número de 1109 instrucciones.

Este programa está constituido por varias subrutinas de las cuales, las de mayor importancia son aquellas

que realizan todos los cálculos; mientras que las otras, sólo presentan las pantallas al usuario.

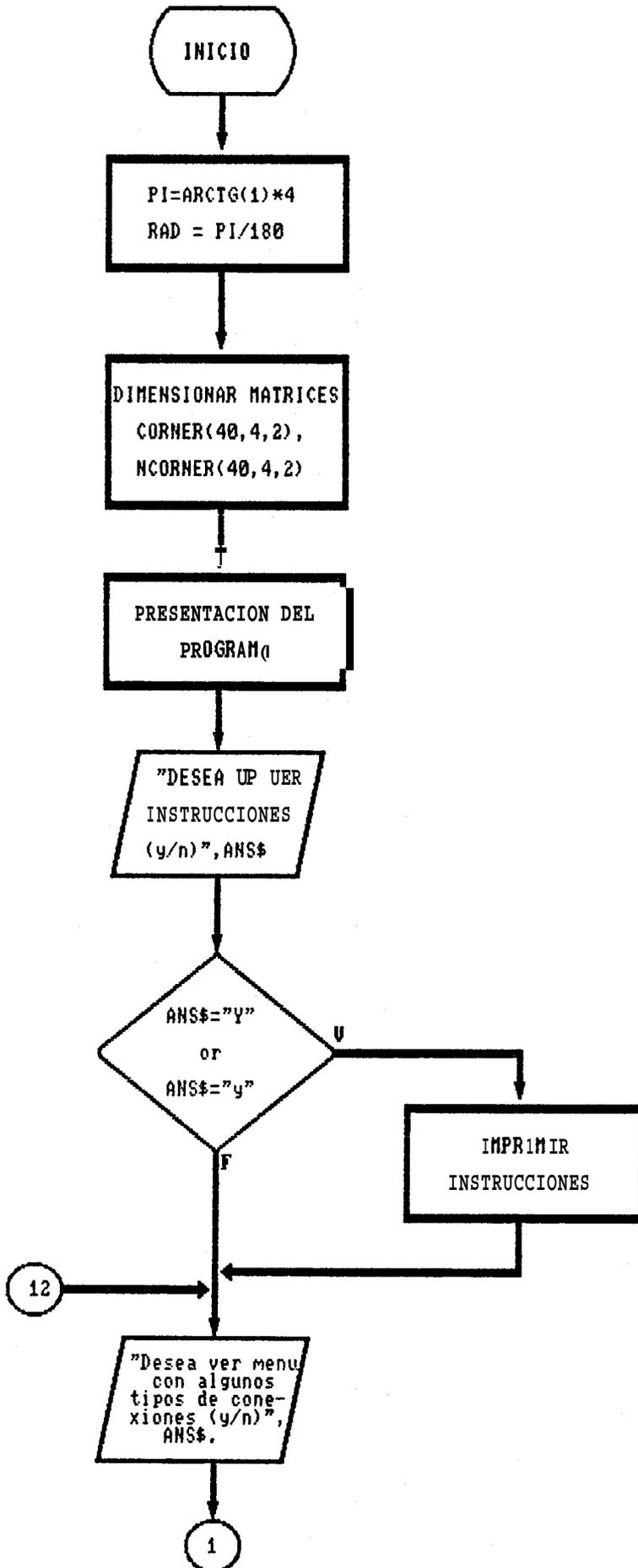
3.2.1 DIAGRAMAS DE FLUJO

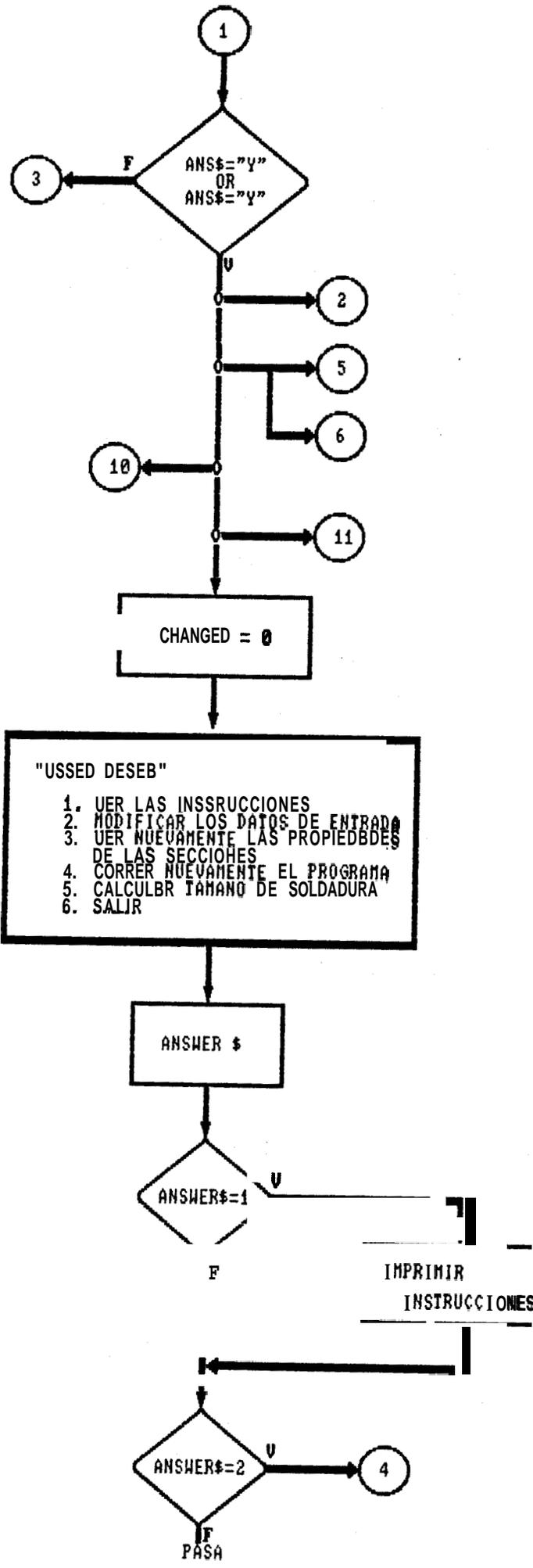
Al diseñar un programa, sobre todo si es largo, conviene trazar un dibujo que describa las instrucciones y sus interrelaciones. A ese esquema se le llama DIAGRAMA DE FLUJO.

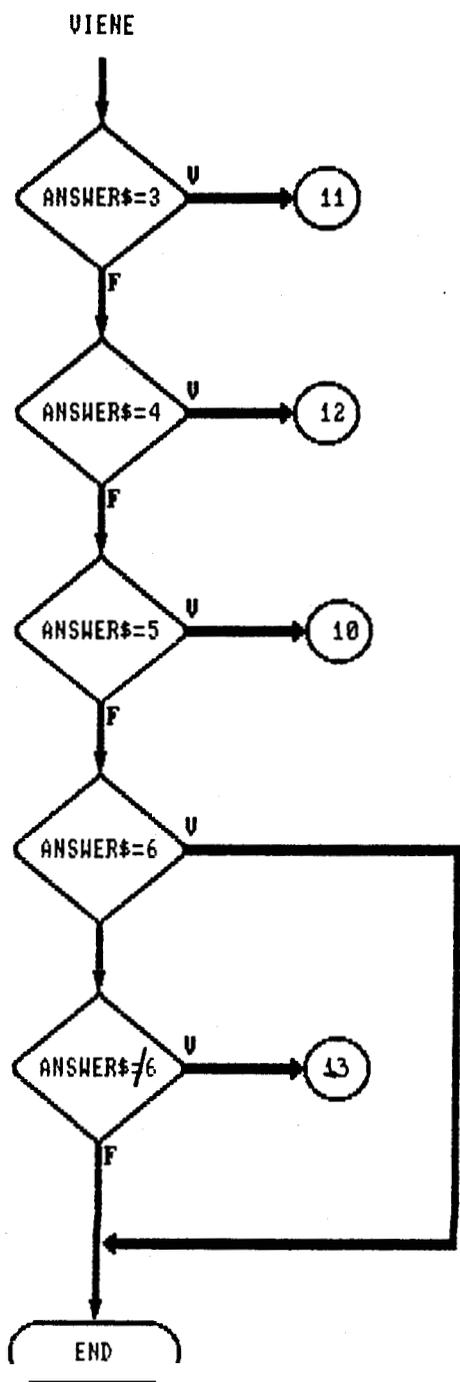
Los Diagramas de Flujo tienen la finalidad de facilitar la programación y ayudar a detectar y corregir los errores, lo que nos permitirá dar algunas sugerencias con las cuales los programas se elaborarán en menos tiempo.

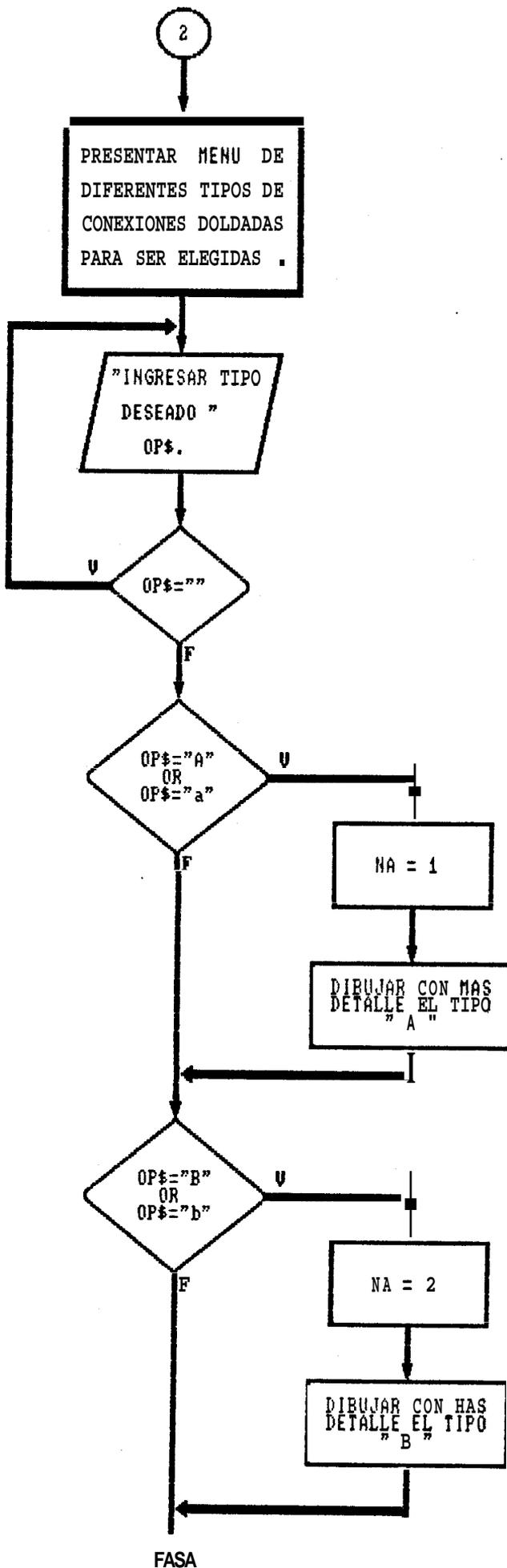
La idea fundamental de un diagrama de flujo consiste en reducir un programa a una secuencia de programas cortos, las cuales denominamos subrutinas que puedan ser escritas y probadas por separado.

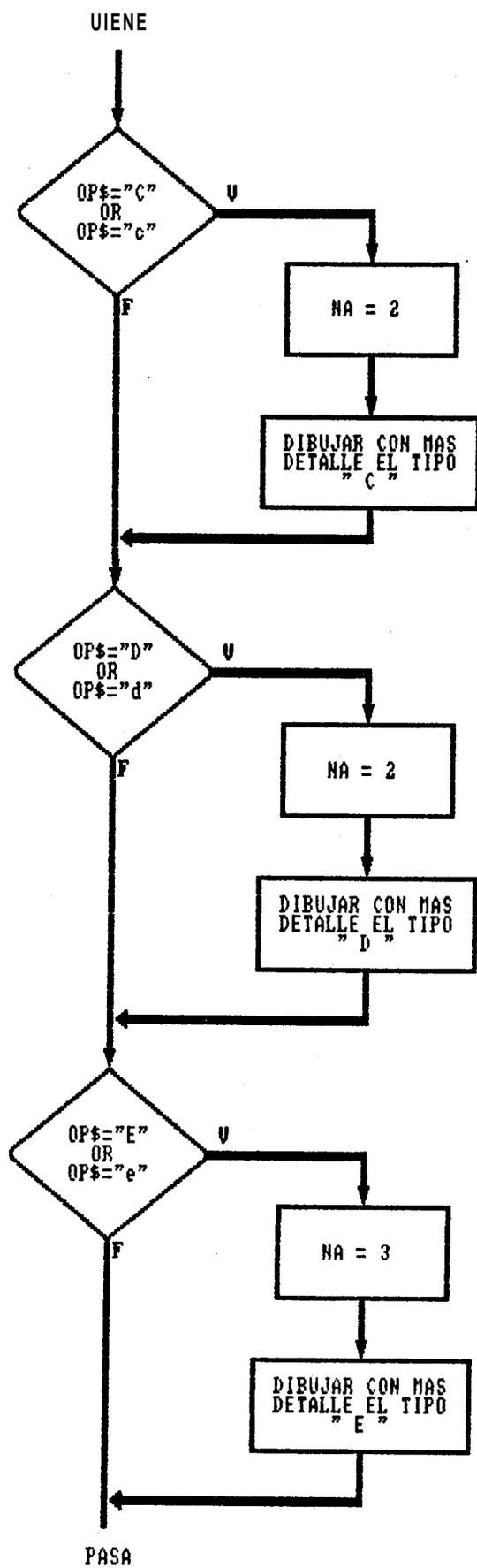
A continuación se presentan los diagramas de flujo de las subrutinas más importantes de el programa.

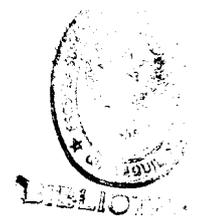
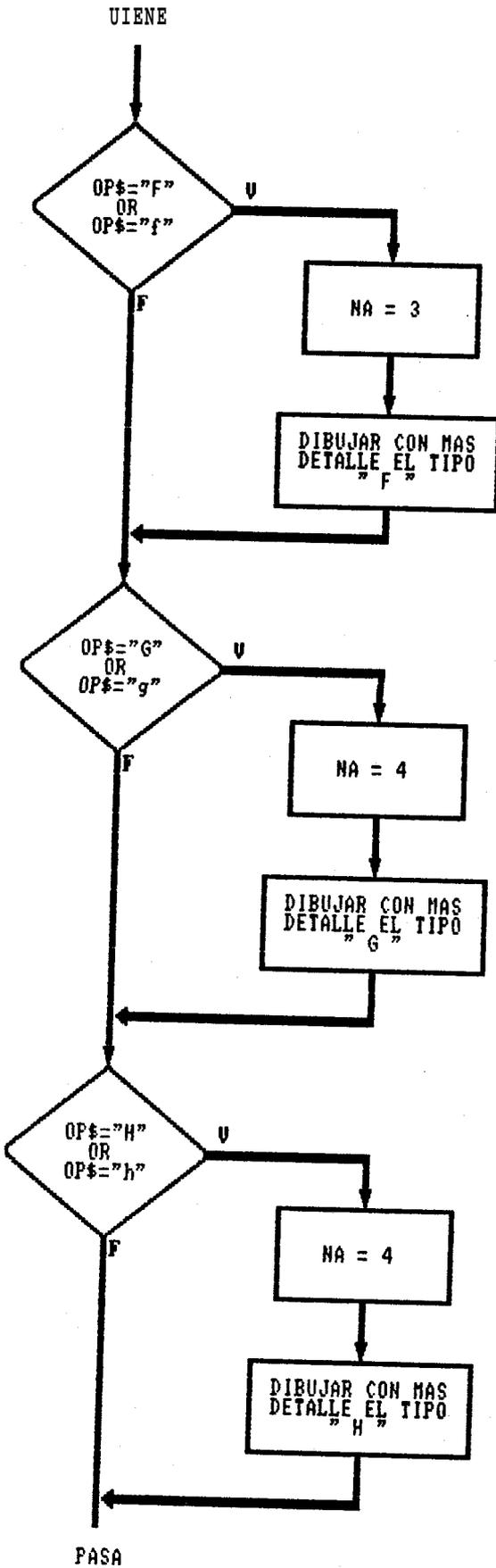


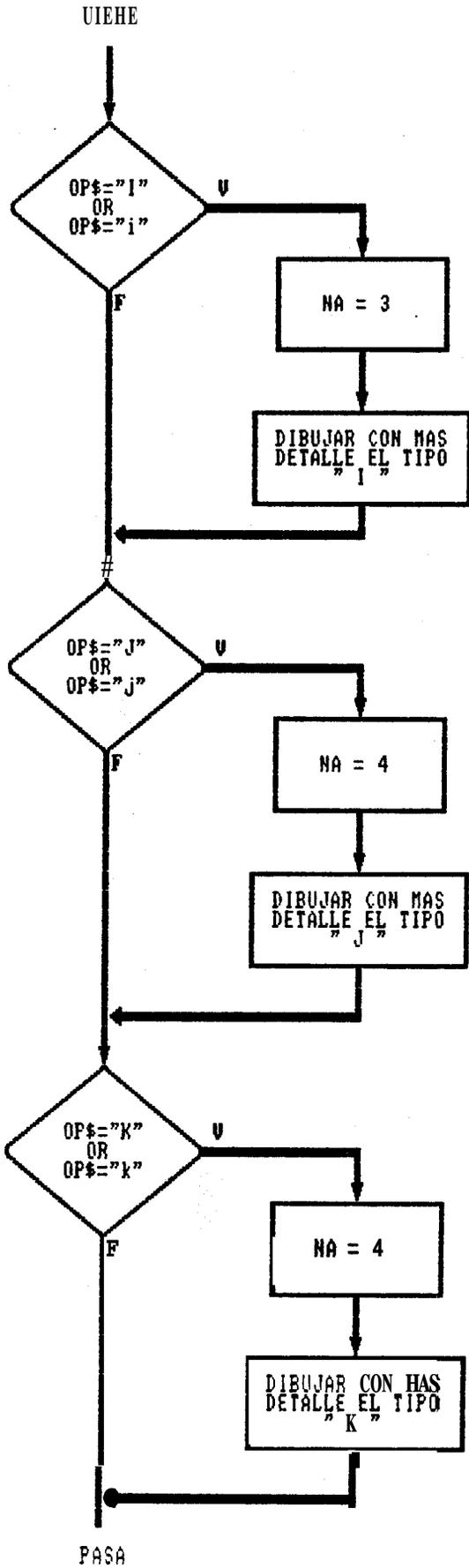


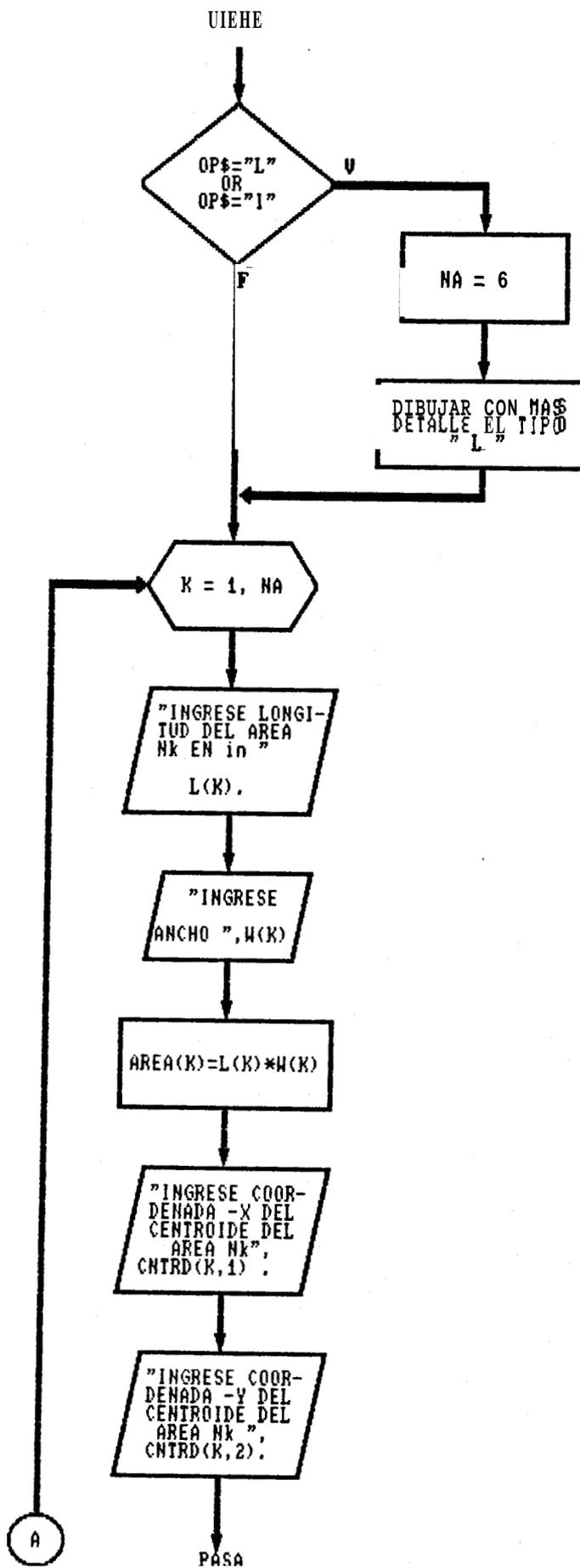


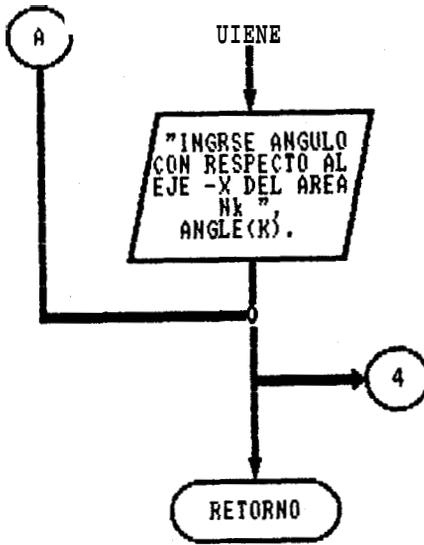


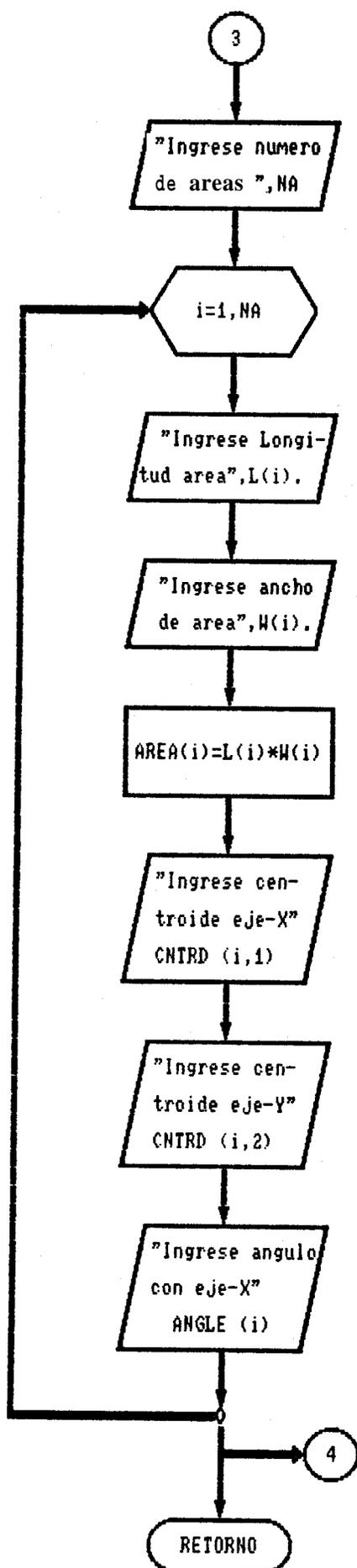


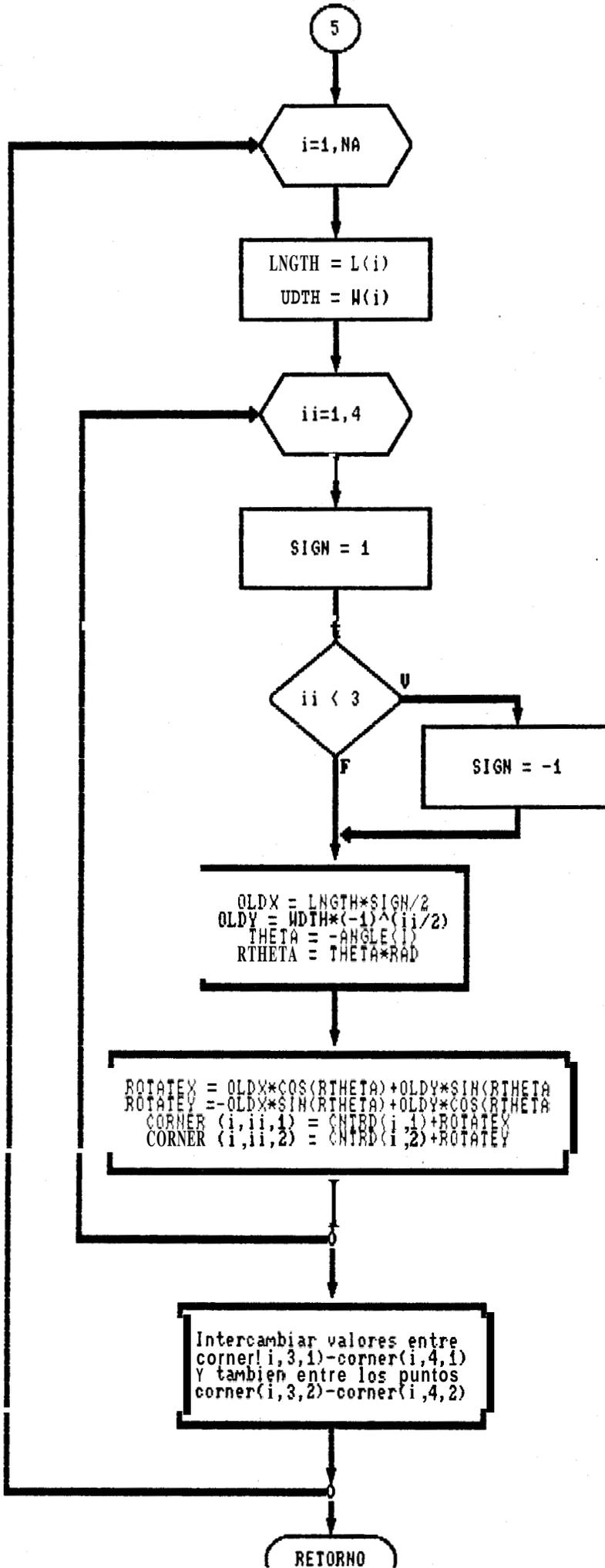




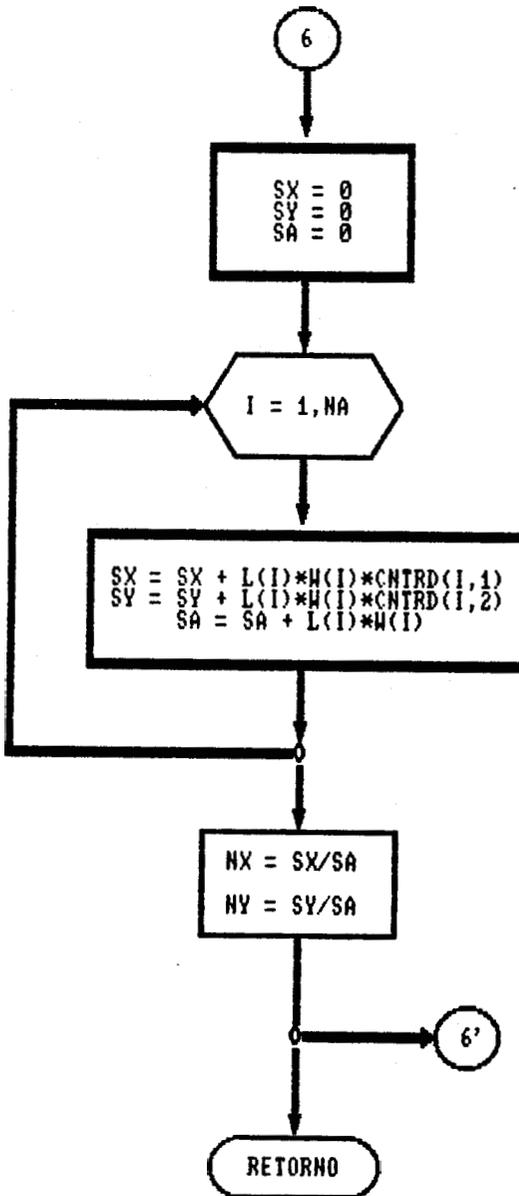


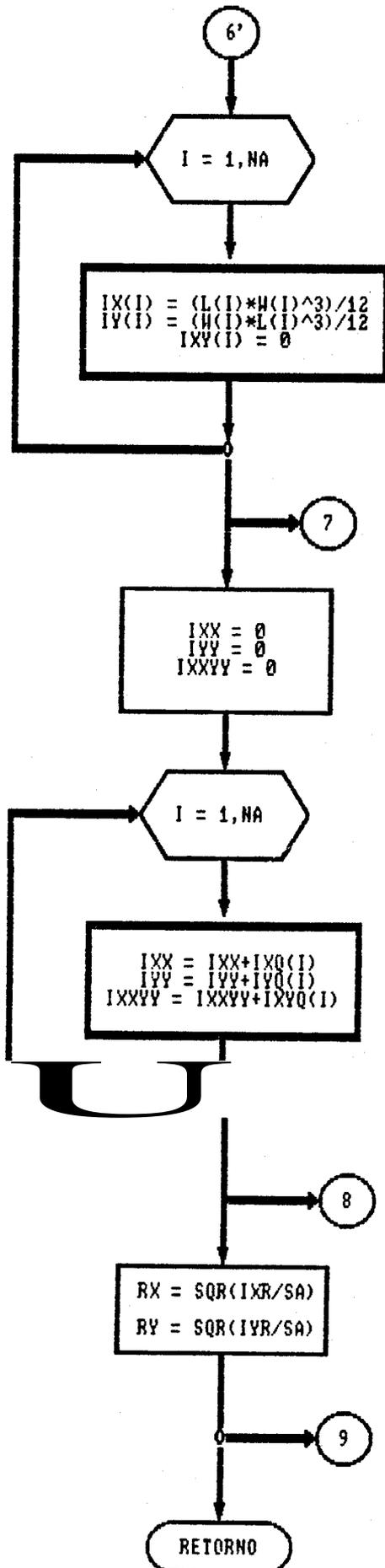


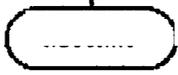
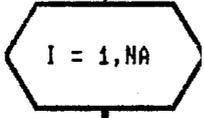
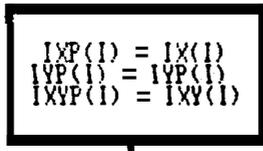
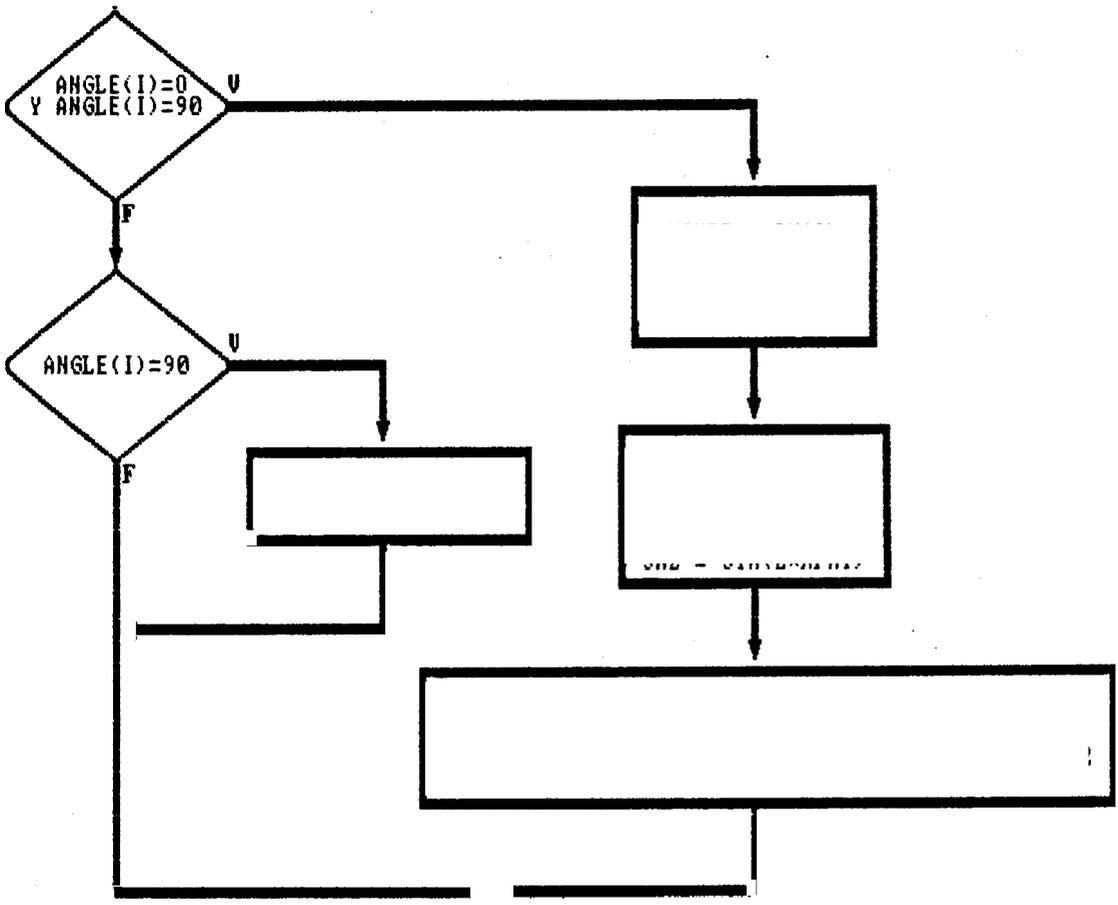
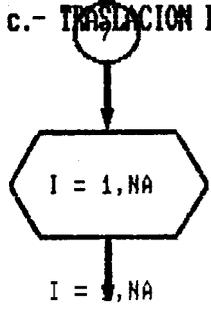


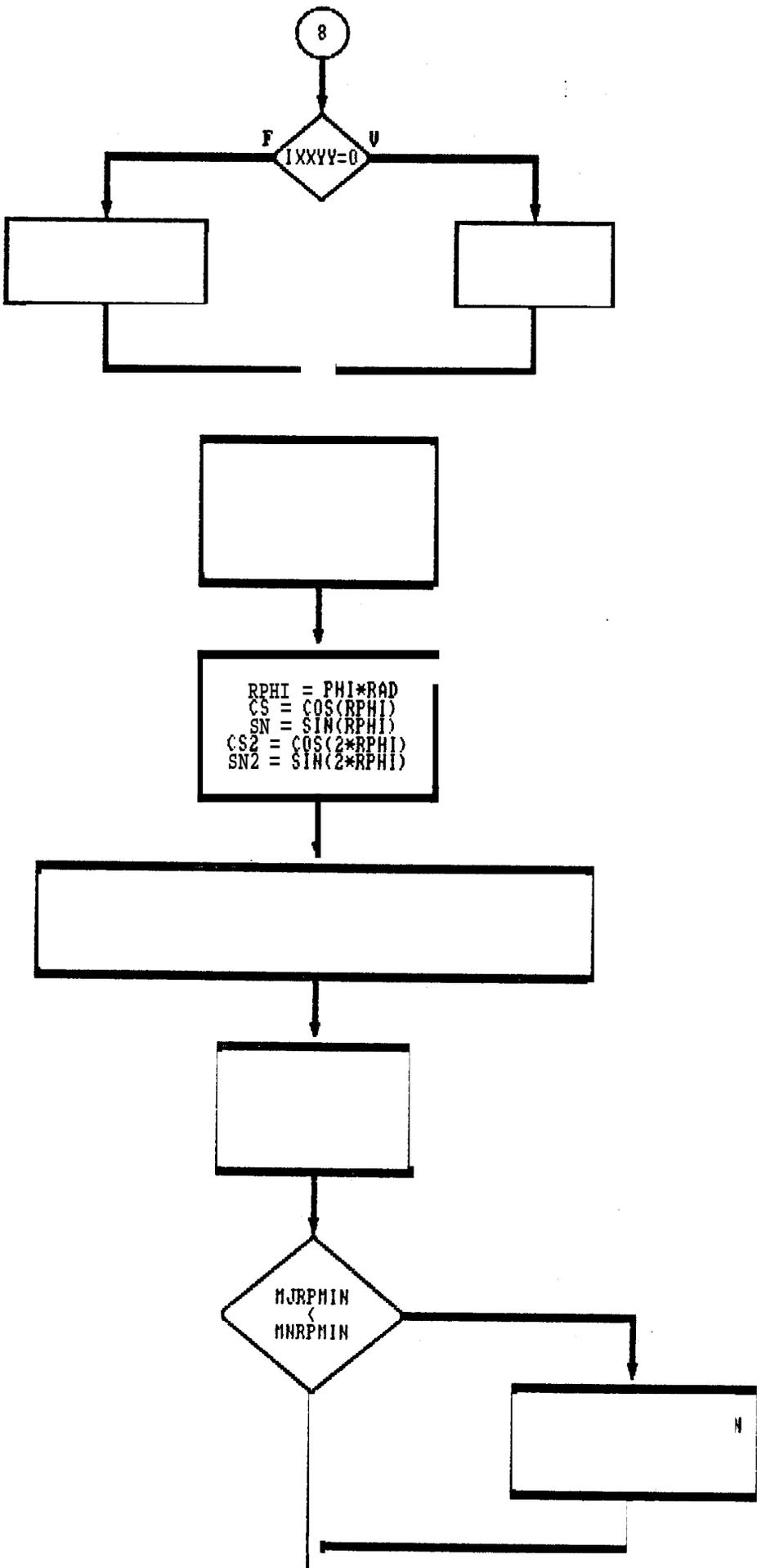


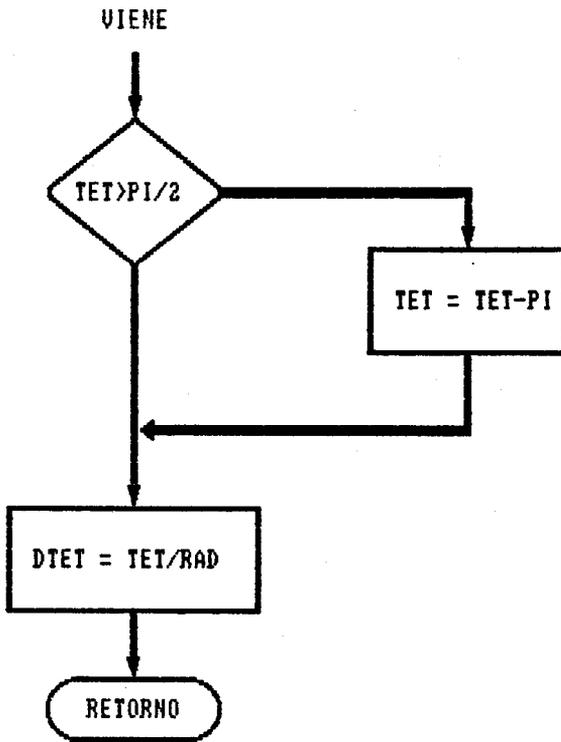
a.- CALCULO DEL CENTROIDE

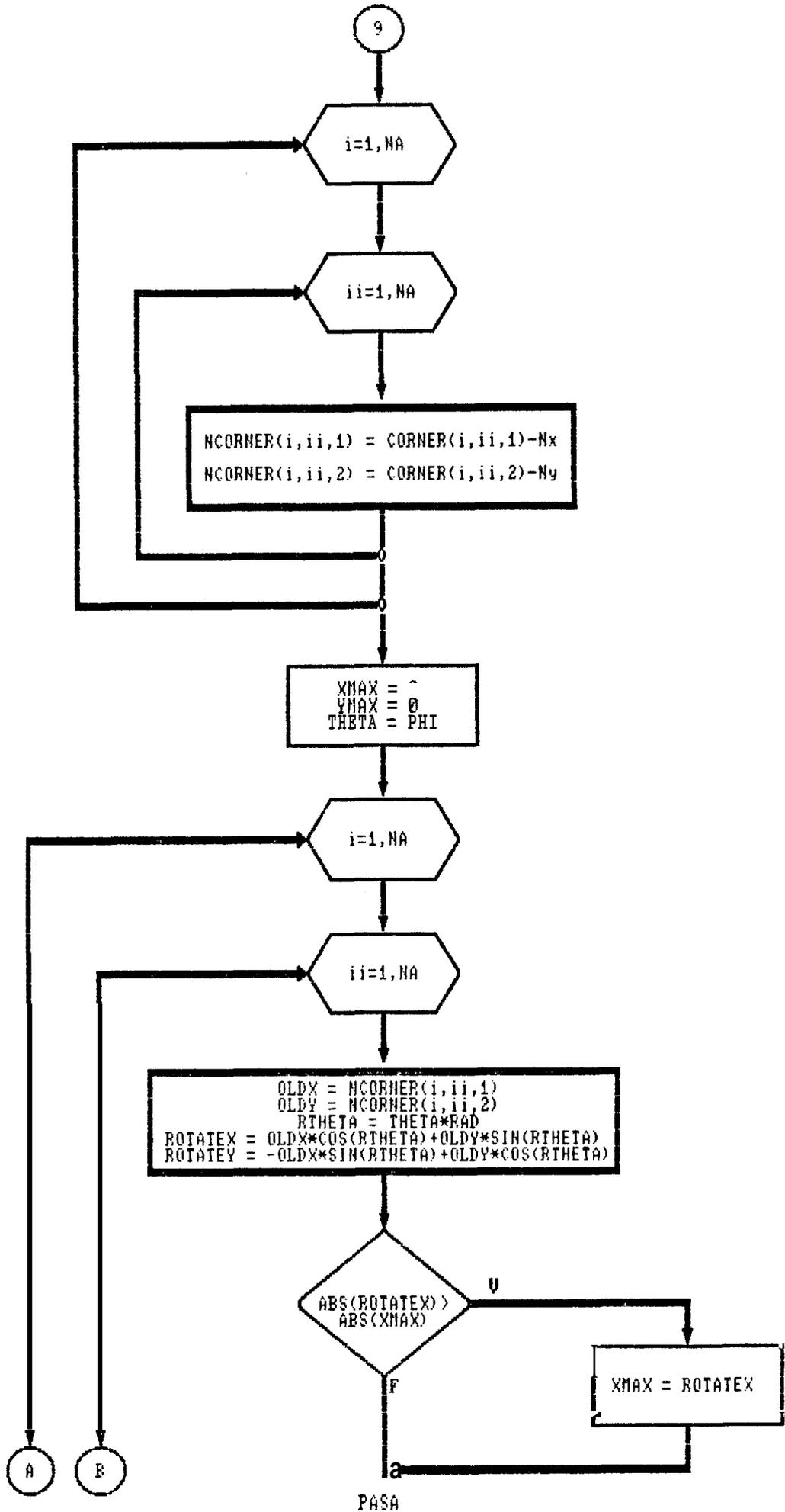


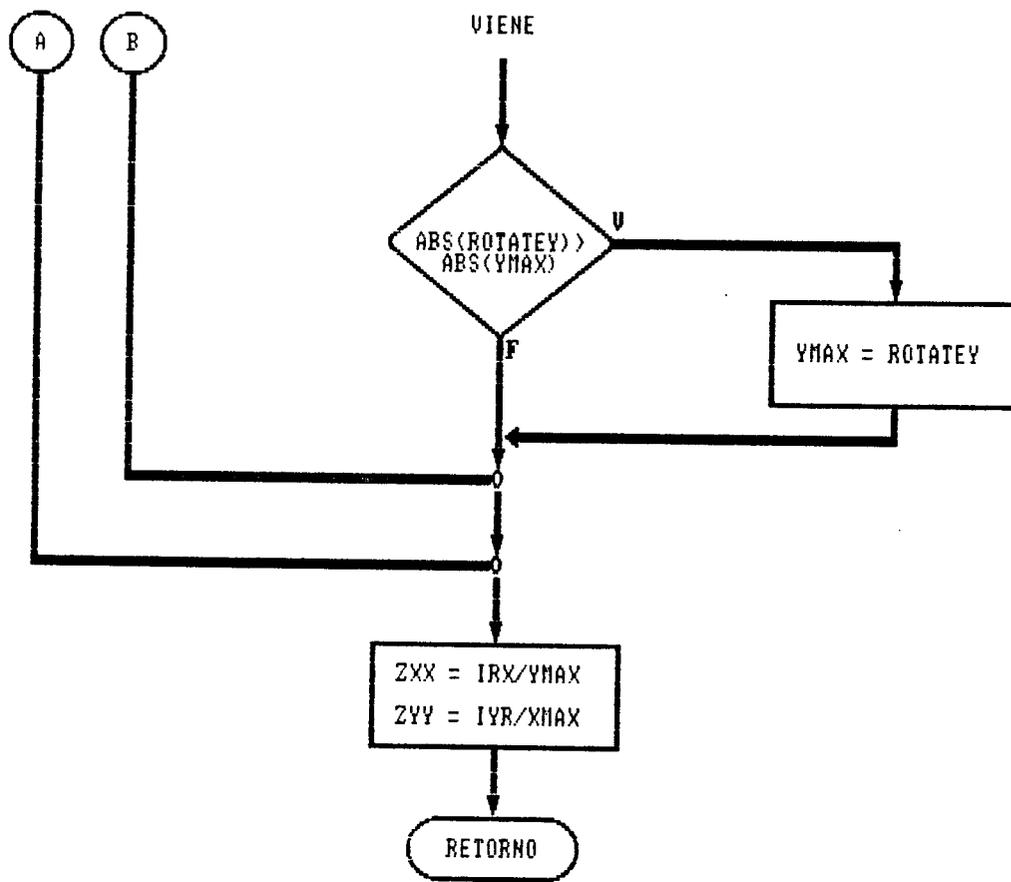


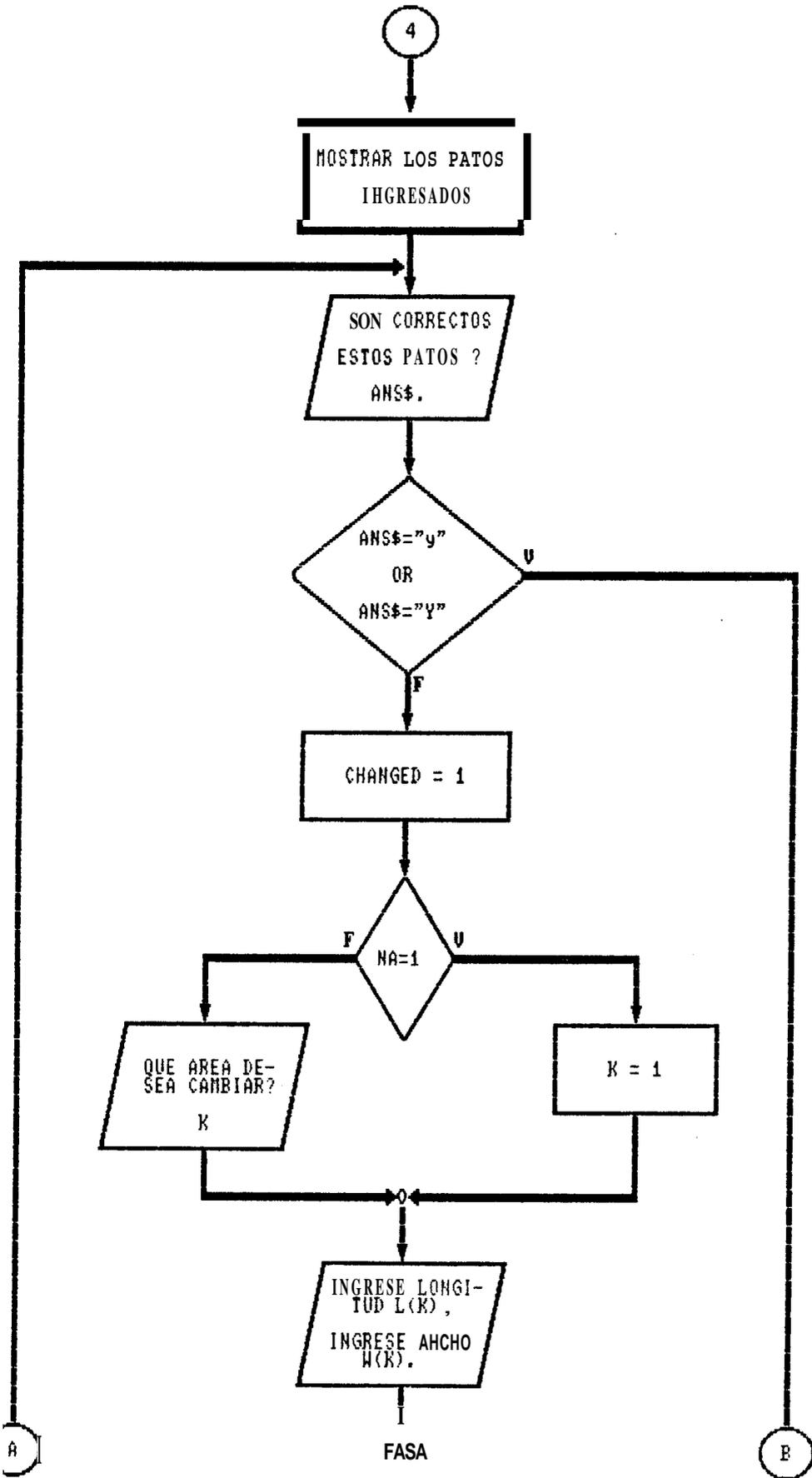


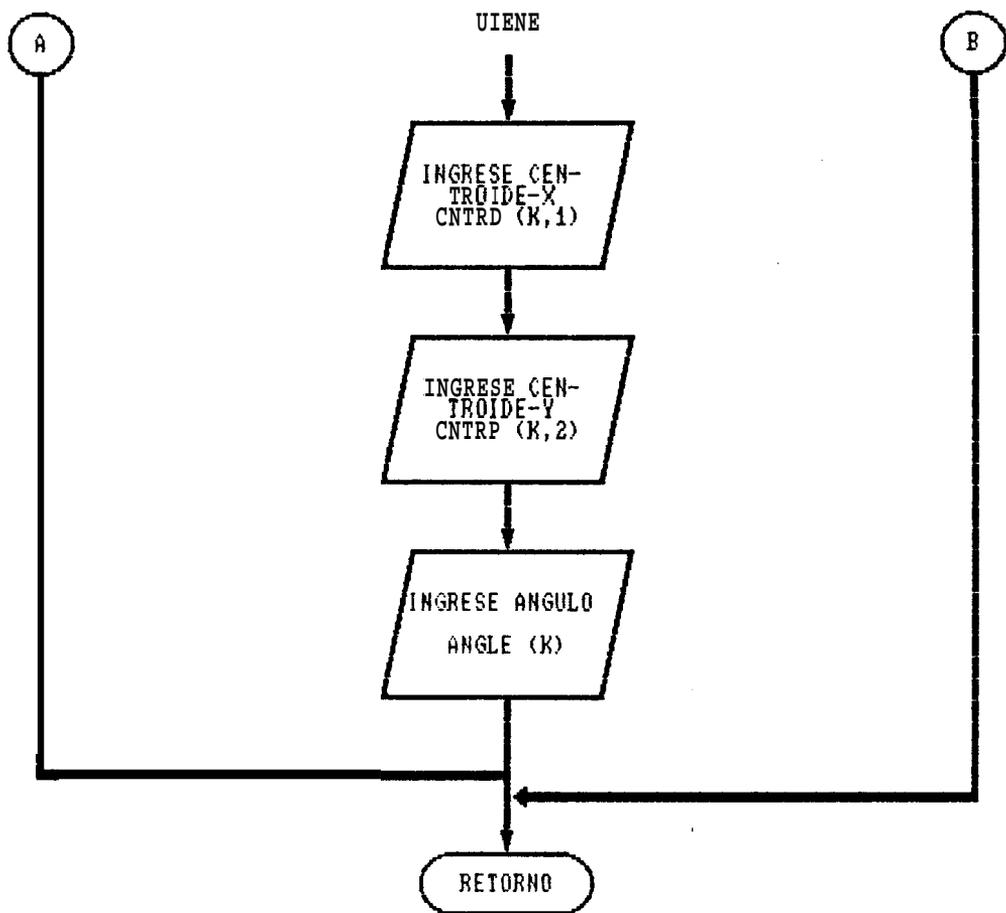










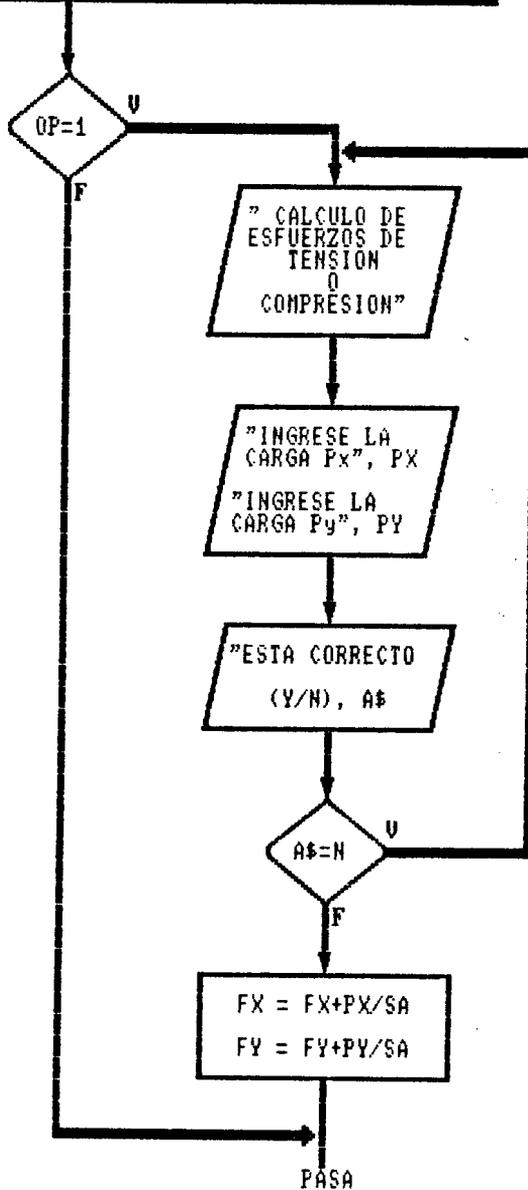


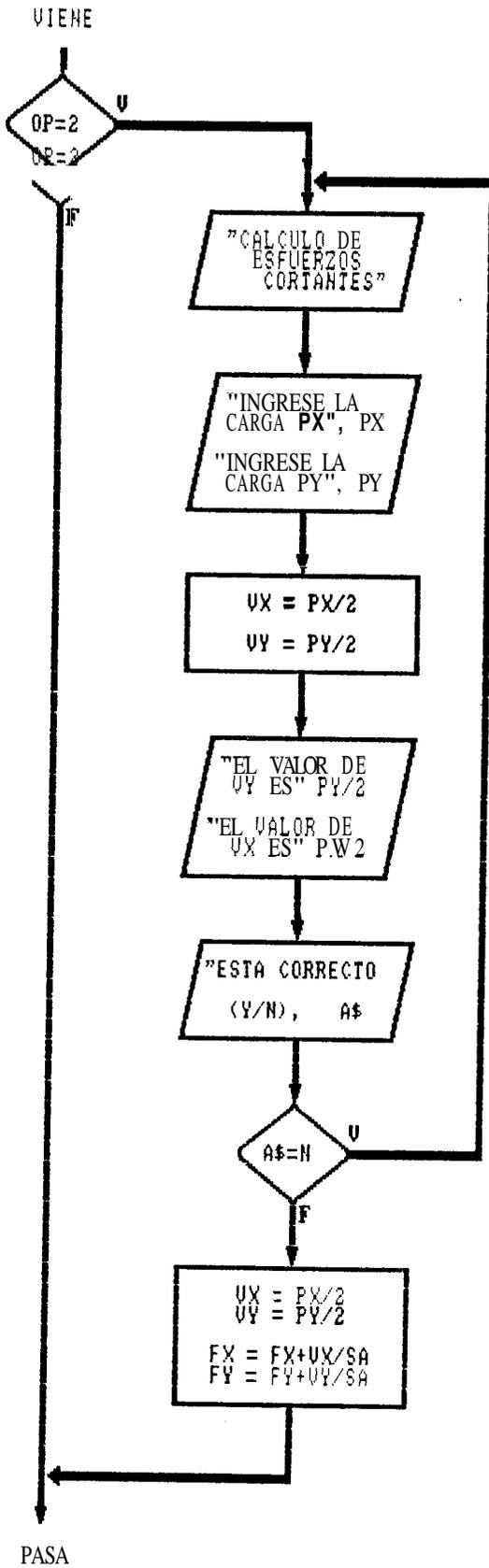
10

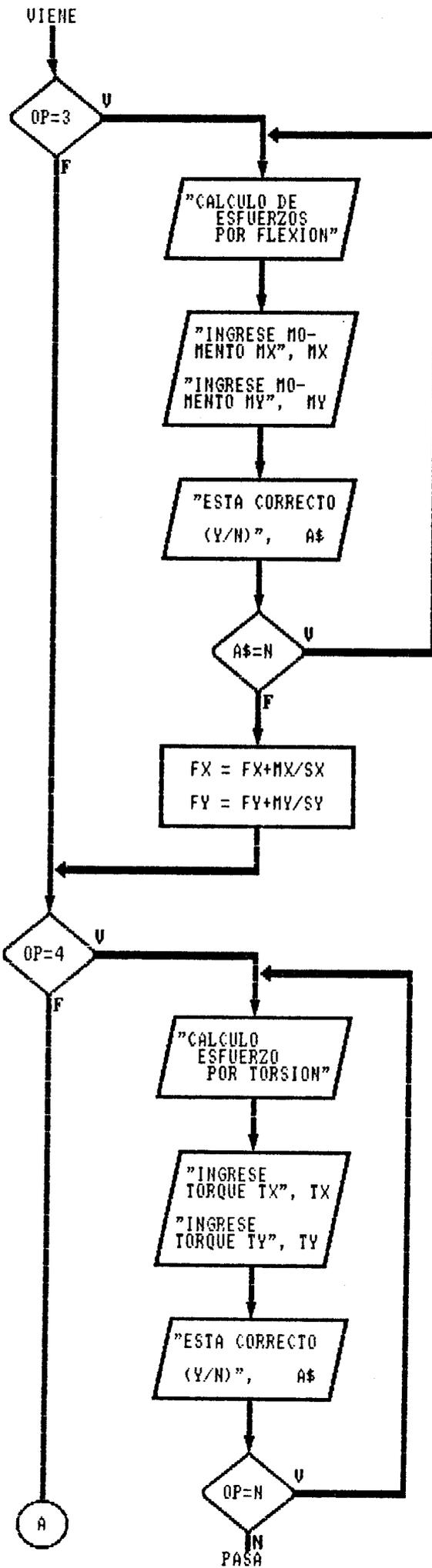
DETERMINACION DE ESFUERZOS SOBRE SOLDADURA

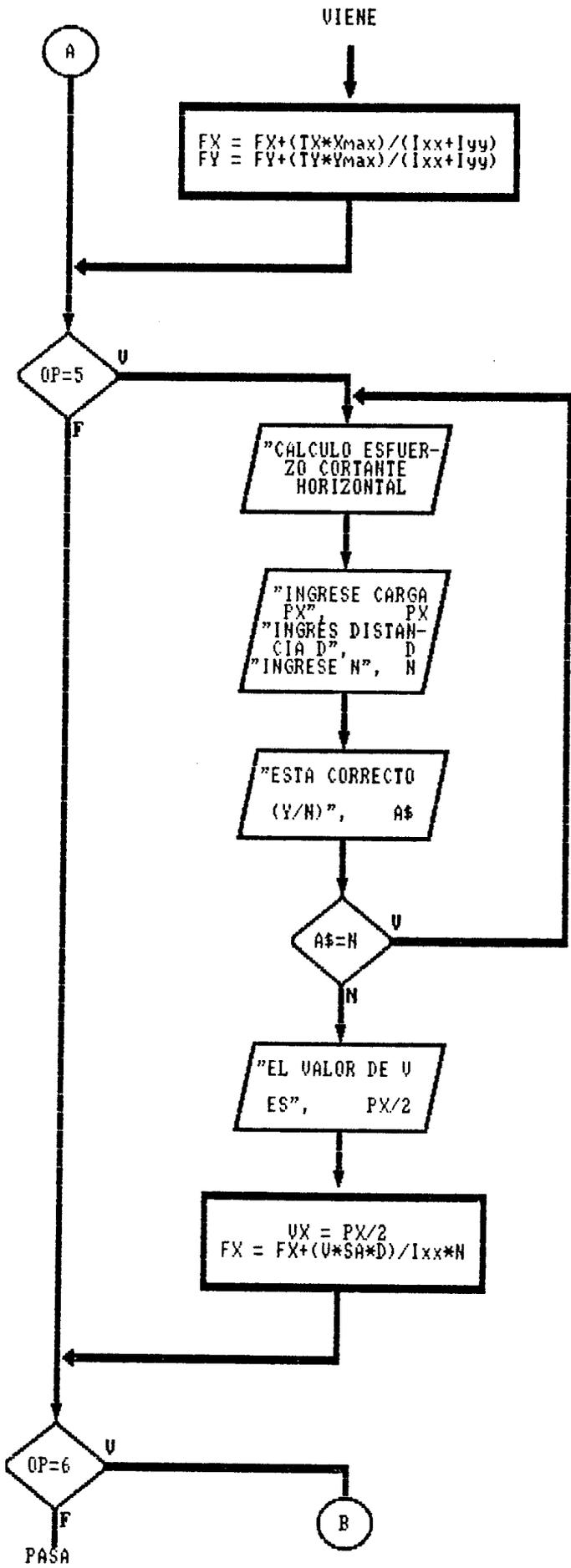
TIPO DE CARGA	ESFUERZOS SOBRE LA SOLDADURA
1.- TENSION O COMPRESION	$F = P/Aw$
2.- CORTANTE	$F = V/Aw$
3.- FLEXION	$F = M/Sw$
4.- TORSION	$F = T*C/Jw$
5.- CORTANTE HORIZONTAL	$F = U*A*C/I*N$
6.- TORSION Y CORTANTE HORIZONTAL	$F = T/2*A$

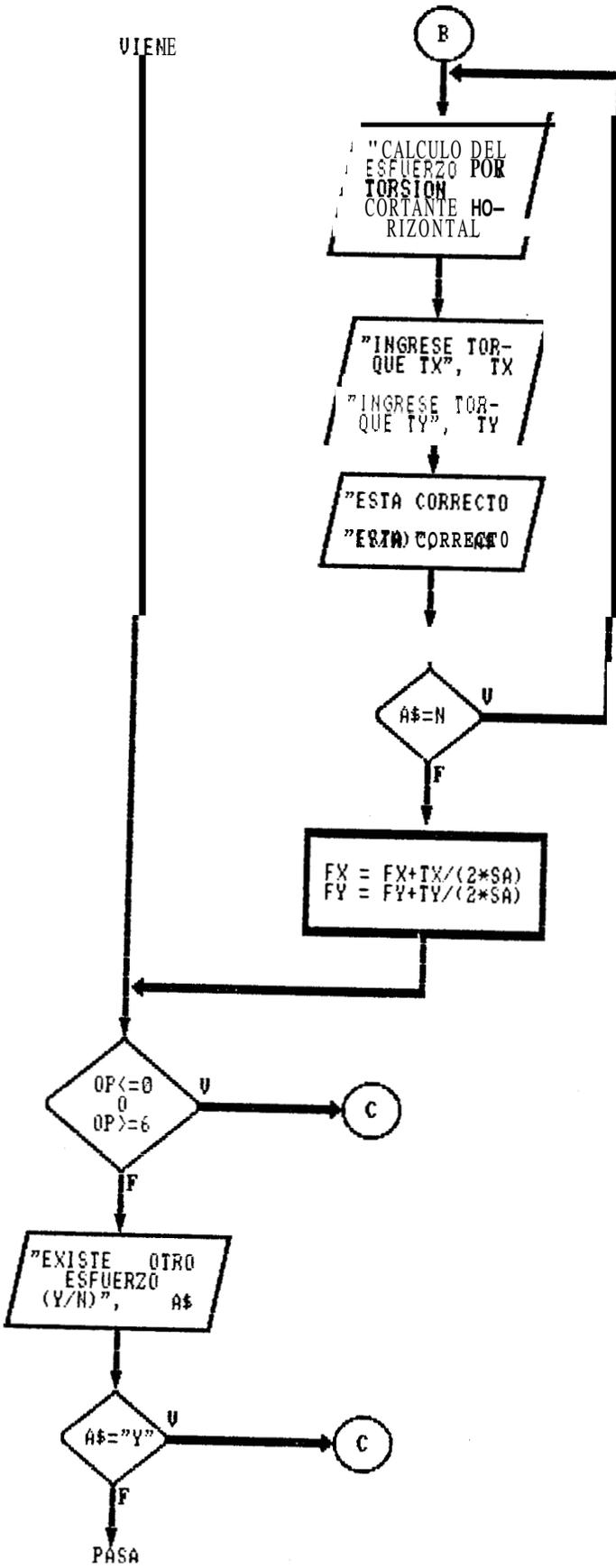
"INGRESE TIPO DE CARGA", OP

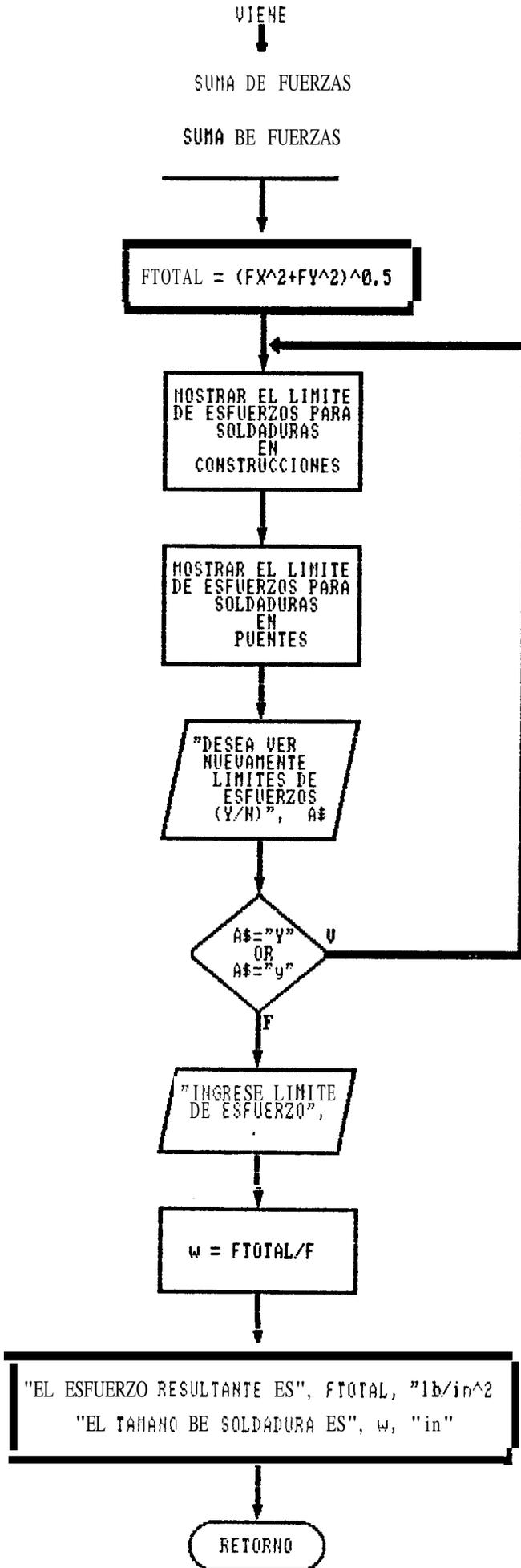


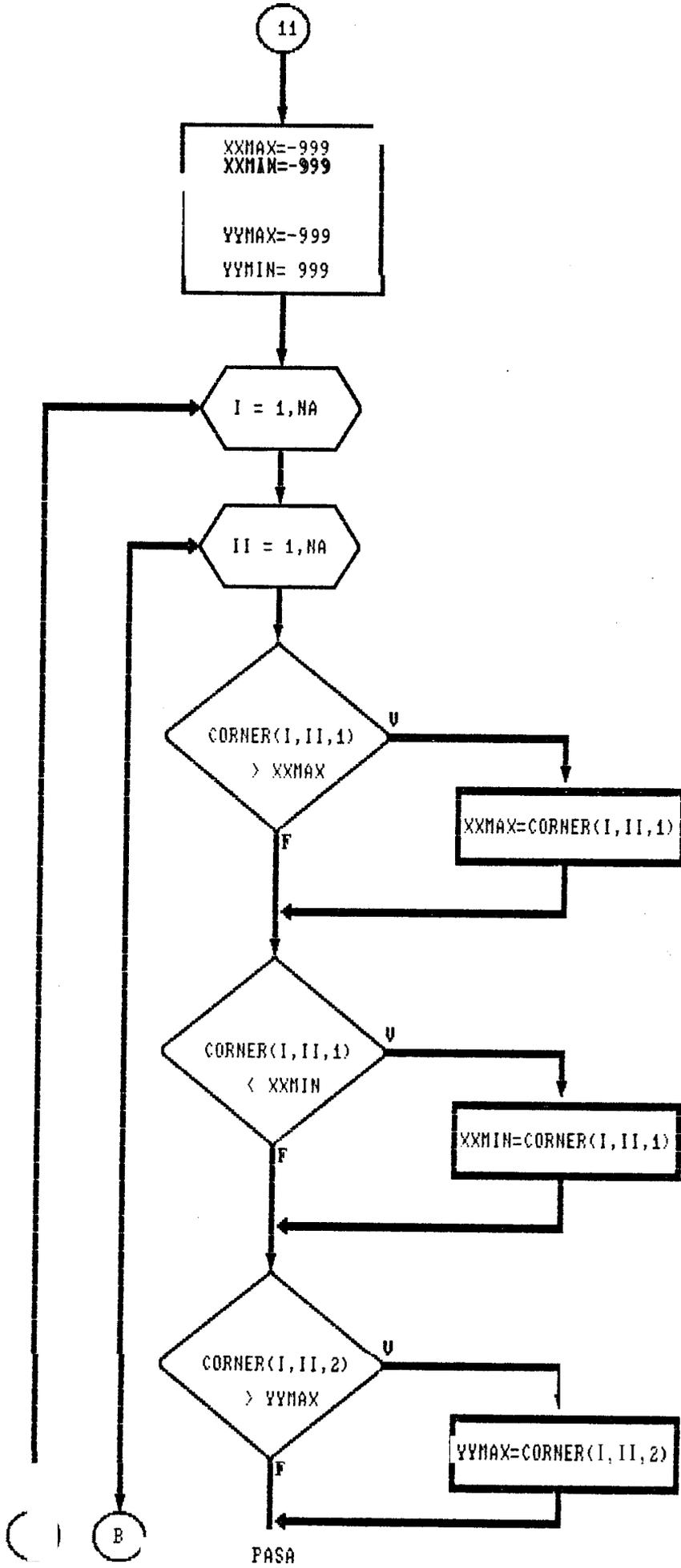


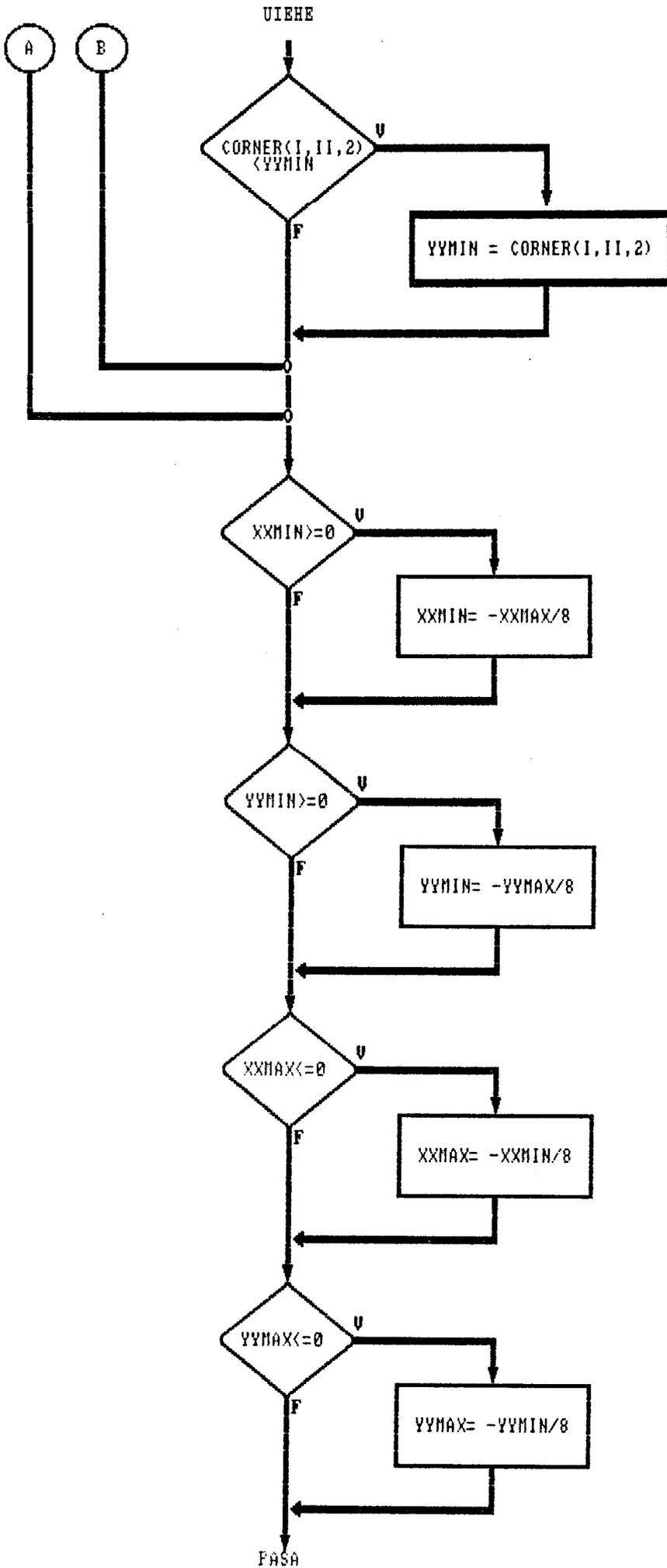


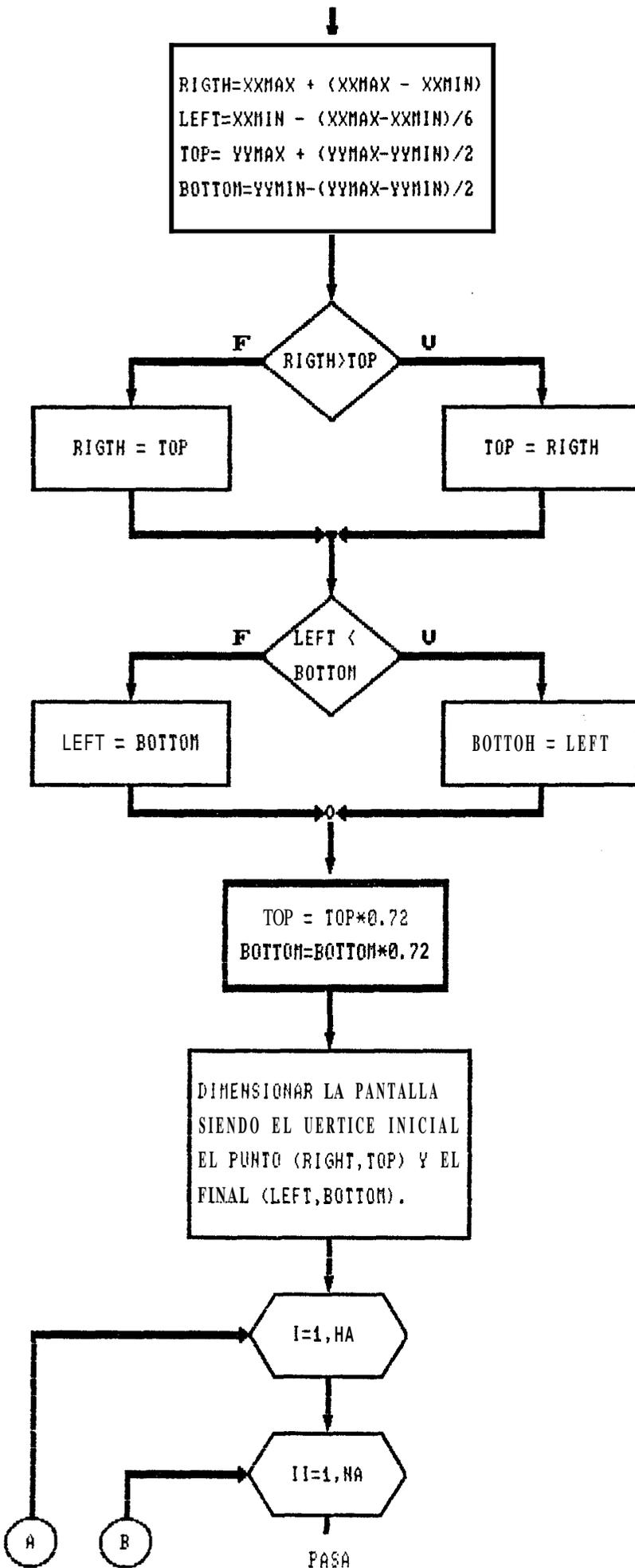


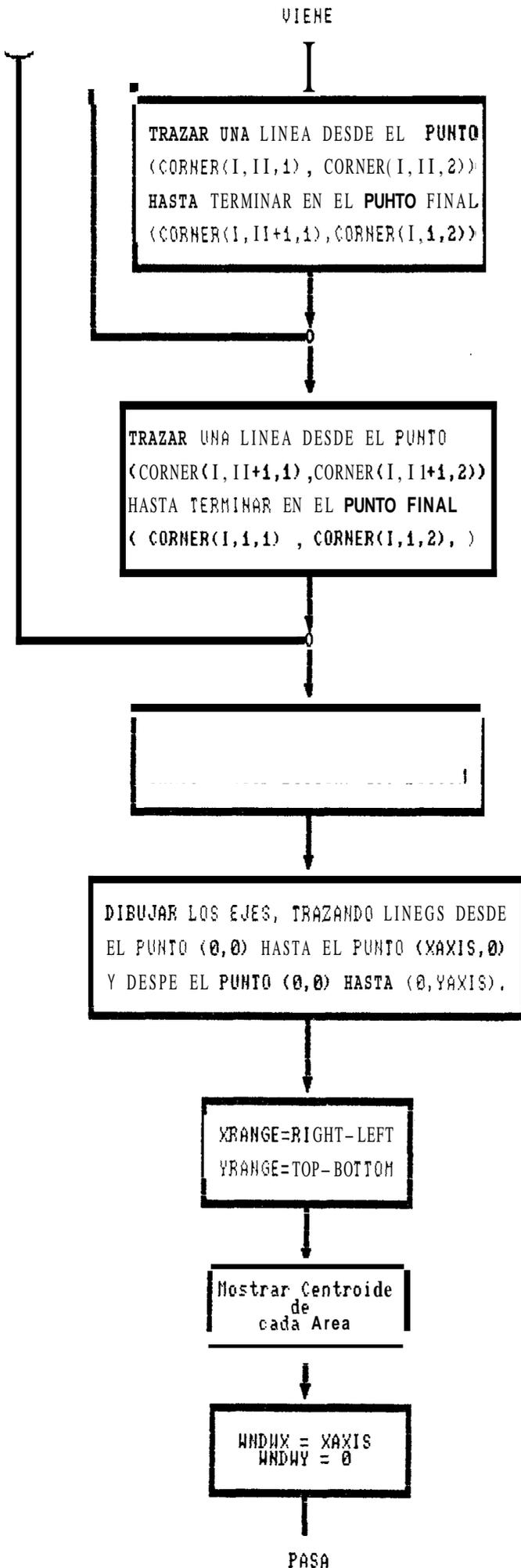




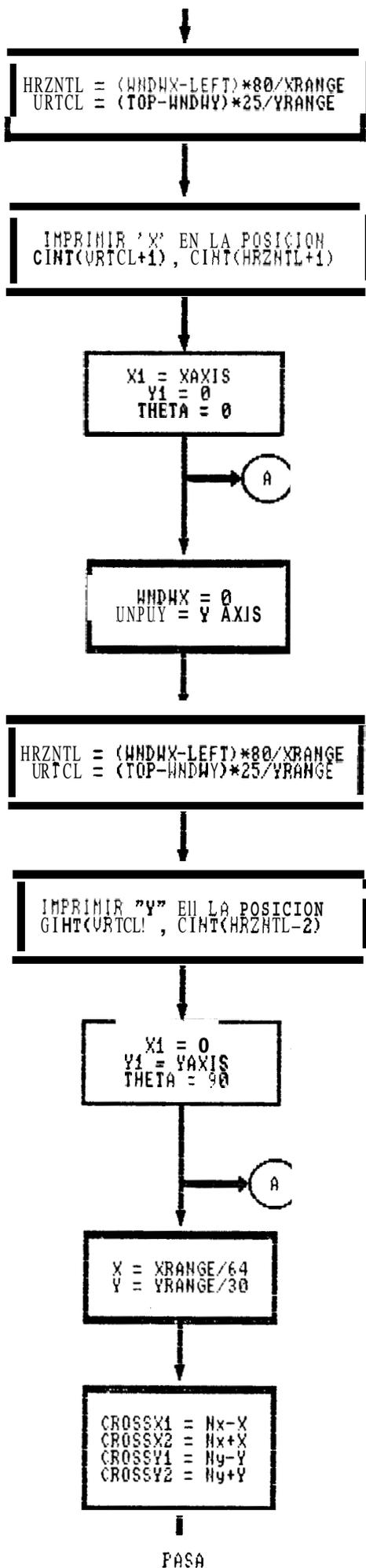






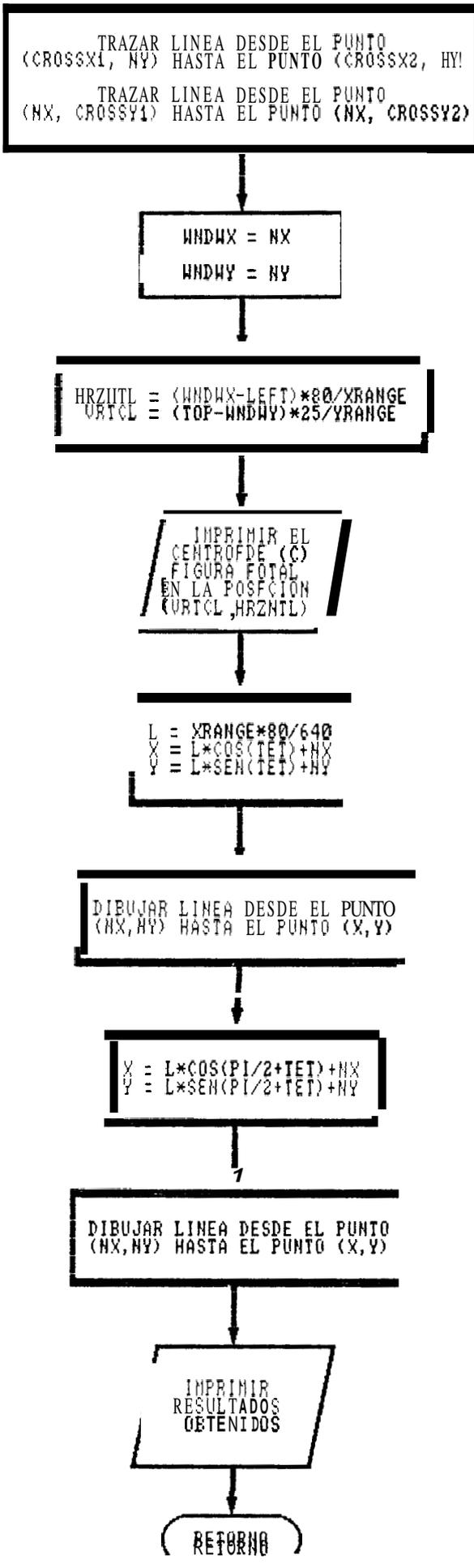


VIENE



VIENE

99



3.2.2 MANUAL DE OPERACION

El programa SECTPROP ha sido desarrollado en el lenguaje BASIC, debiendo ser ejecutado bajo el Sistema Operativo DOS.

Los requerimientos del Hardware son:

- Micro computador IBM PC o Compatible.
- Monitor Monocromatico o a Color.
- Impresora (opcional).

A continuación describiremos las pantallas que el computador le presenta al usuario, que en sí corresponde al manual de operación.

- 1.- Primero aparecerán una serie de pantallas informativas, y de presentación del programa.
- 2.- Luego se verá en la pantalla las reglas en base a las cuales se ha elaborado el programa.
- 3.- A continuación el programa nos permite escoger de un menu, el tipo de conexión soldada, que se ajuste a los requerimientos del problema que estamos analizando.

- 4.- De acuerdo al tipo de conexión, el programa solicita los siguientes datos:
 - a.- Número de áreas que conforman dicha sección.
 - b.- Longitud, ancho, centroide respecto al eje X, centroide con respecto al eje Y, y ángulo que forma con el eje X; cada una de las áreas mencionadas.
- 5.- Si no deseamos trabajar con el menú mencionado anteriormente, el programa automáticamente pedirá los datos que se mencionan en el punto 4.
- 6.- Luego, el programa presenta una pantalla en la que muestra los datos ingresados, y solicita al usuario la verificación de los mismos, si los datos ingresados no son correctos, el programa automáticamente pedirá la corrección de los datos en el mismo orden en que se mencionan en el numeral 4.
- 7.- Con estos datos el programa calculará y presentará las propiedades de la sección.

- 8.- Luego el programa nos presentara un menu, en el cual podremos escoger una opción que nos permitira calcular el tamaño de soldadura.
- 9.- Escogida dicha opción el programa nos presenta una pantalla en la cual se muestran los diferentes tipos de fuerzas a las que una conexión soldada puede estar sometida, de las cuales debemos escoger las fuerzas que actuan en nuestro caso en particular.
- 10.- Luego de esto el programa combinará vectorialmente dichas fuerzas, para encontrar la fuerza resultante sobre la soldadura.
- 11.- A continuación el programa presentara datos de el esfuerzo permisible en forma de Cuadros comparativos para diversos tipos de soldadura. De los cuales debemos escoger el más apropiado para nuestro caso.
- 12.- Finalmente el programa mostrara el tamaño de soldadura requerido, el cual ha sido evaluado con los datos anteriormente mencionados.

En las siguientes páginas se mostrara como el programa ejecuta todas estas instrucciones.

DISEÑO EN SOLDADURA UTILIZANDO
*

PROPIEDADES DE LAS SECCIONES

ESCRITO POR: Oussama Jammel
Che Ming Lee
ADAPTADO POR: YURI BOAS
DIRECTOR : ING. OMAR SERRANO
1.992

PRESIONE UNA TECLA PARA CONTINUAR

QUE TIPO DE MONITOR ESTA USANDO:

1. RGB MONITOR A COLOR
2. MONITOR MONOCROMATICO

==>

DESEA USTED PRIMERO VER LAS INSTRUCCIONES (y/n)

PROPIEDADES DE LAS SECCIONES

ESTE PROGRAMA CALCULA LAS PROPIEDADES DE LAS SECCIONES DE AREAS RECTANGULARES COMBINADAS, INCLUYENDO

1. LOCALIZACION DE EL CENTROIDE
2. AREA TOTAL
3. MOMENTO DE INERCIA ALREDEDOR DE EJES DE REFERENCIA
4. ANGULO ENTRE LOS EJES DE REFERENCIA Y PRINCIPAL
5. MOMENTOS DE INERCIA PRINCIPALES
6. MODULO DE LA SECCION
7. RADIO DE GIRO

LAS REGLAS ABAJO DADAS DEBERAN SER RECORDADAS CUANDO INGRESE LOS DATOS DE CADA AREA:

1. LONGITUD: **ES** EL LADO MAS LARGO DE EL RECTANGULO
 2. ANCHO: ES EL LADO **MAS** CORTO DE EL RECTANGULO
 3. CULOCAR UN SISTEMA COORDENADO DE REFERENCIA PARA LOCALIZAR EL CENTROIDE DE CADA AREA
 4. USAR EL EJE POSITIVO-X y **EL** LADO MAS LARGO DE EL AREA PARA DEFINIR EL ANGULO ENTRE EL AREA y EL EJE-X, POSITIVO CONTRARIO AL MOVIMIENTO DE LAS MANECILLAS DEL RELOJ, **MEDIDO** DESDE EL EJE-X
-
-

DESEA VER UN MENU CON ALGUNOS TIPOS DE CONEXIONES ? (y/n)

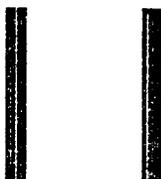
SI DECIDE NO VER ESTE MENU, EL PROGRAMA, PRIMERO LE PEDIRA EL NUMERO DE AREAS DE QUE COMPONEN LA SECCION QUE USTED DESEA ANALIZAR. UTILIZAREMOS ESTA OPCION PARA SECCIONES DE GEOMETRIA COMPLEJAS QUE NO CONSTAN EN EL MENU ANTES MENCIONADO. CUANDO SE ELIGE VER EL MENU, AL ESCOGER UN DETERMINADO TIPO EL PROGRAMA AUTOMATICAMENTE MOSTRARA EL NUMERO DE AREAS QUE COMPONEN DICHA SECCION.

TIPOS DE CONEXIONES SOLDADAS

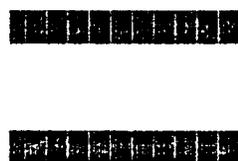
TIPO A



TIPO B



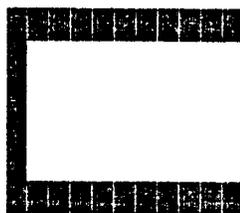
TIPO C



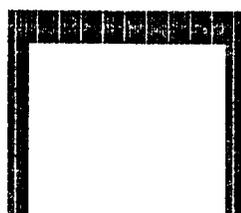
TIPO D



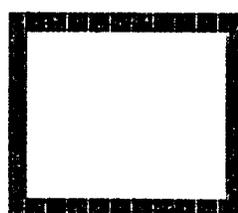
TIPO E



TIPO F



TIPO G



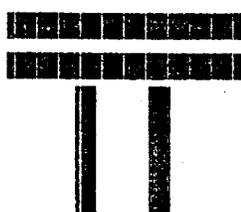
TIPO H



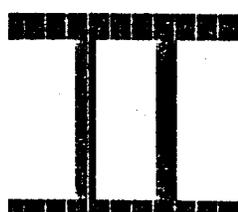
TIPO I



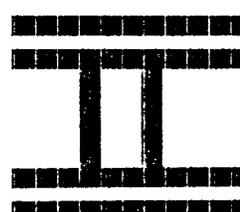
TIPO J



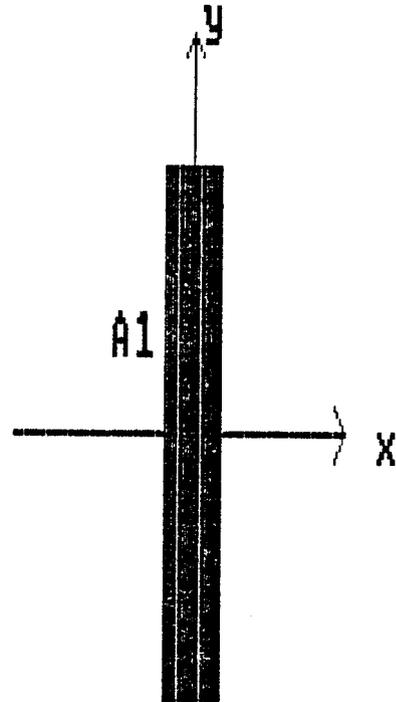
TIPO K



TIPO L



DIGITE EL TIPO DESEADO ==>



No AREAS = 1

INGRESE LONGITUD DE AREA No . 1 (in)===>	4
INGRESE EL ANCHO DE AREA No . 1 (in)===>	1
INGRESE LA COORDENADA-X DE EL CENTROIDE DE AREA 1 ==>	0
INGRESE LA COORDENADA-Y DE EL CENTROIDE DE AREA 1 ==>	0
INGRESE EL ANGULO ENTRE EL AREA Y EL EJE -X (DEG) ==>	90

AREA f	LONGITUD (in)	ANCHO (in)	COORDENCSDA DE EL CENTROIDE	ANGULO CON EJE-X deg
1	10.00	1.00	(1.00, 0.00)	90.00

SON ESTOS DATOS CORRECTOS? (y/n)

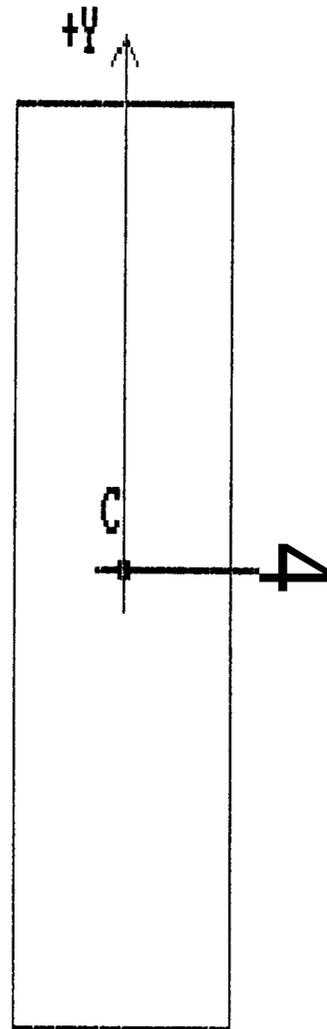
?

DESEA IMPRIMIR SU NOMBRE SOBRE EL GRAFICO? (y/n)? y

POR FAVOR INGRESE SU NOMBRE (MAXIMO 10 CARACTERES):

==> yuri boas

YURI BOAS



SECTIONAL PROPERTIES

Centroid C :

$N_x = 0.00$ in
 $N_y = 0.00$ in

area = $4.000E+00$ in²
 $I_{xx} = 5.333E+00$ in⁴
 $I_{yy} = 3.333E-01$ in⁴
 $I_{xy} = 0.000E+00$ in⁴

Major axis = 0.00 deg
Max $I_{xx} = 5.333E+00$ in⁴
Min $I_{yy} = 3.333E-01$ in⁴
J = $5.667E+00$ in⁴

X-dist = 0.5 in
Y-dist = 2.00 in
 $S_x = 2.6$ in³
 $S_y = 6.6$ in³

Rad. Gyr. x = 1.155 in
Rad. Gyr. y = 0.289 in

USTED DESEA

1. VER LAS INSTRUCCIONES
2. MODIFICAR LOS DATOS DE ENTRADA
3. VER NUEVAMENTE PROPIEDADES DE LAS SECCIONES
4. CORRER NUEVAMENTE EL PROGRAMA
5. CALCULAR TAMANO DE SOLDADURA
6. **SALIR**

?

DETERMINACION DE LA FUERZA SOBRE LA SOLDADURA

TIPO DE CARGA

FUERZA SOBRE LA SOLDADURA

- TENSION O COMPRESION	$f = P/A_w$
- CORTANTE	$f = V/A_w$
- FLEXION	$f = M/S_w$
TORSION	$f = T*c/J_w$
- CORTANTE HORIZONTAL	$f = V*A*c/I_n$
- TORSION CORTANTE HORIZONTAL	$f = T/(2*A)$

INGRESE EL TIPO DE CARGA ==> ?

CALCULO DE ESFUERZOS DE TENSION O COMPRESION

INGRESE LA CARGA Px ==> 10000

INGRESE LA CARGA Py ==> 15000

ESTA CORRECTO (Y/N)

EXISTE OTRO ESFUERZO (Y/N) ==>

LIMITES PARA SOLDADURAS EN CONSTRUCCIONES

TIPO SOLDADURA	ESFUERZO	TIPO ACEROS	ELECTRODOS	LIMITE
COMPLETA PENETRACION SOLDADURA	TENSION COMPRESION CORTANTE	A7, A36, A373	E60 O SAW-1	RL
		A441, A242	E70 O SAW-2	
SOLDADURA CON FILETE	CORTANTE SOBRE GARGANTA A5 EFECTIVA	A7, A36, A373	E60 O SAW-1	F = 9600*W
		A441, A242	E60LH O SAW-2	
		A7, A373	E70 O SAW-2	
		A36	≤70 O SAW-2	F = 11200*W
		A441, A242	E70LH O SAW-2	
TAPON Y CANAL	CORTANTE SOBRE AREA EFECTIVA	LO MISMO QUE EN SOLDADURA DE FILETE		

PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR

LIMITE PARA SOLDADURAS EN PUENTES

TIPO SOLDADURA	ESFUERZO	TIPO ACEROS	ELECTRODOS	LIMITE
COMPLETA PENETRACION SOLDADURA	TENSION COMPRESION CORTANTE	A7, A373	E60 SPW-1	
		A36 <= 1 IN	E60 SAW-1	
		A36 > 1 IN	E60LH SAW-1	
		A441, A242	E70LH SAW-2	
SOLDADURA CON FILETE	CORTANTE SOBRE GARGANTA EFECTIVA	A7, A373	E60 SAW-1	F = 8800*W
		A36 <= 1 IN	E60 SAW-1	
		A36 > 1 IN	E60LH SAW-1	
		A441, A242	E70LH SAW-2	F = 10400*W

PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR

DESEA VER NUEVAMENTE LOS LIMITES DE ESFUERZO (Y/N)

--

INGRESE EL LIMITE DE ESFUERZO ==>

EL ESFUERZO RESULTANTE ES ==> 4506.939 (lb/in²)
EL TAMAÑO DE SOLDADURA ES ==> .4024053 (in)

CAPITULO V

APLICACION DEL PROGRAMA

Para el diseño de estructuras se necesitan considerar una serie de tipos de conexiones soldadas, las cuales analiza este programa, en el que también se incluye un menu que permite escoger el **tipo** de carga al cual está sometida dicha conexibn, para finalmente determinar un correcto tamaño de soldadura.

El programa se ha aplicado en **d**eterminar las propiedades de las secciones y el tamaño de soldadura en conexiones soldadas que se encuentran sometidas a diferentes tipos de esfuerzos como se indica a continuación.

- a.- esfuerzos de corte y torsión
- b.- esfuerzos de corte y flexibn
- c.- esfuerzos cortantes horizontales en vigas

A continuación se analizara con más detalle los casos anotados anteriormente.

EJEMPLO 1

Determinar el espesor necesario de la soldadura de filete, para la mensula mostrada en la (fig. 12) si utilizamos electrodos E70XX y especificaciones AISC.

SOLUCION

Considerada una soldadura de 1 pulg. como se muestra en la (fig. 13), observamos que es una conexión soldada TIPO E, además de la (fig. 13) podemos definir el numero de areas que conforman dicha sección, obtener las dimensiones de cada area y localización de la misma respecto a un eje de referencia; con lo cual podemos determinar las propiedades de la sección. Luego de esto observamos que el filete de soldadura esta sometido a una combinación de fuerzas: CORTANTE Y TORSION, con lo cual determinaremos la Fuerza resultante sobre la soldadura. Luego de esto sabiendo que trabajamos con electrodos E70XX. un acero estructural A36 para construcciones; de la Tabla (2.3) obtenemos el esfuerzo permisible para la soldadura de filete de 1 pulg. (11.200 psi). A partir de estos datos calculamos facilmente el tamaño de soldadura requerido. A continuación mostraremos la ejecución del programa.

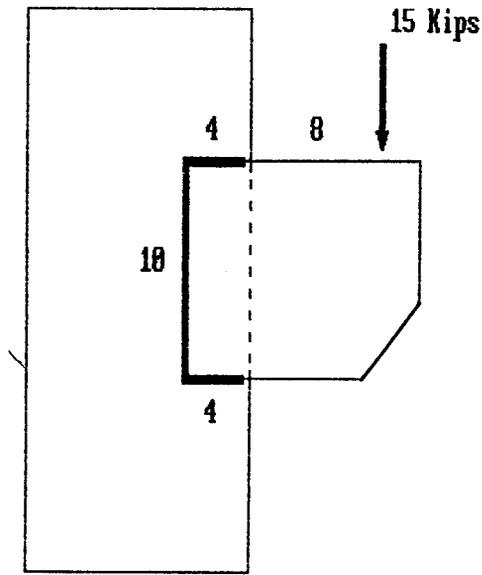


FIGURA 12

CONEXION SOLDADA (REF. 4)

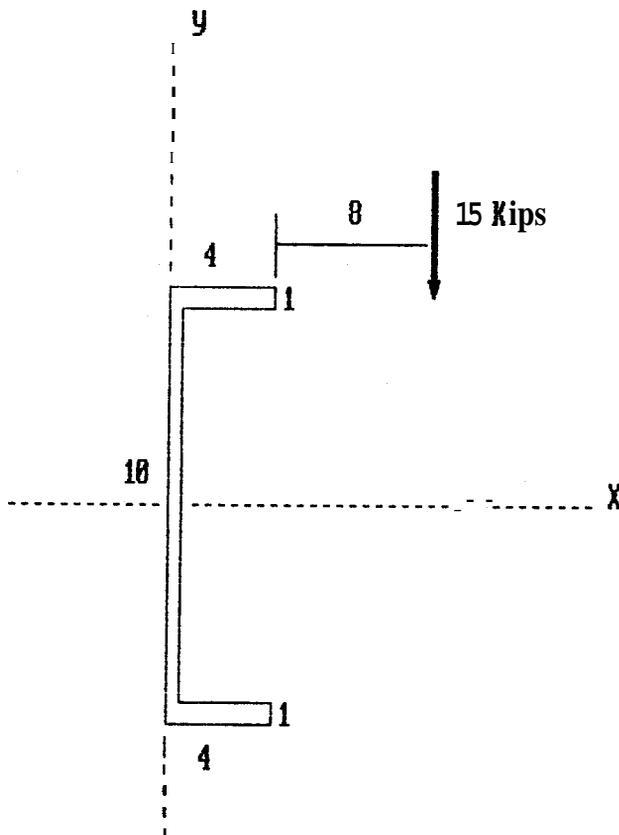
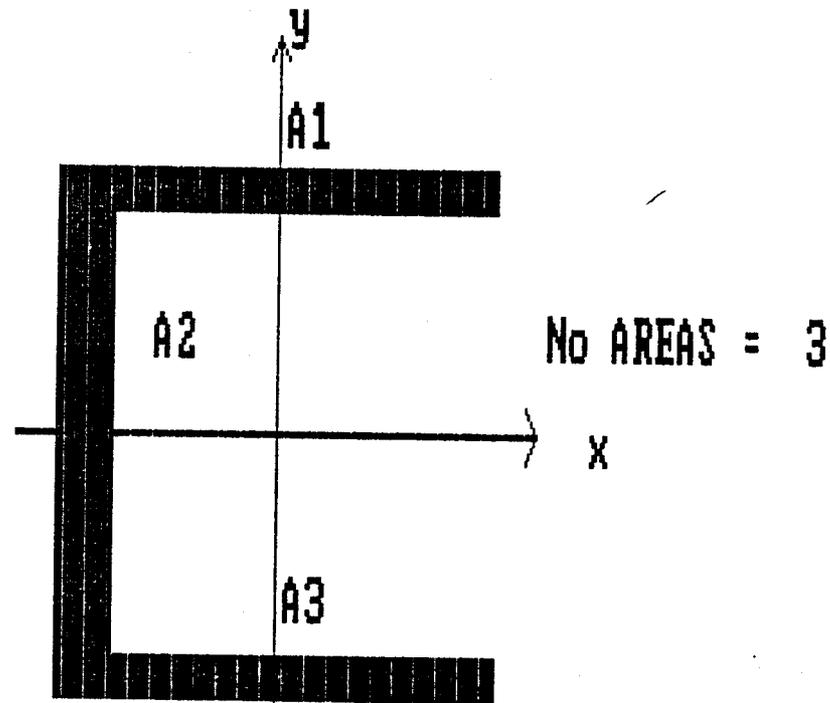


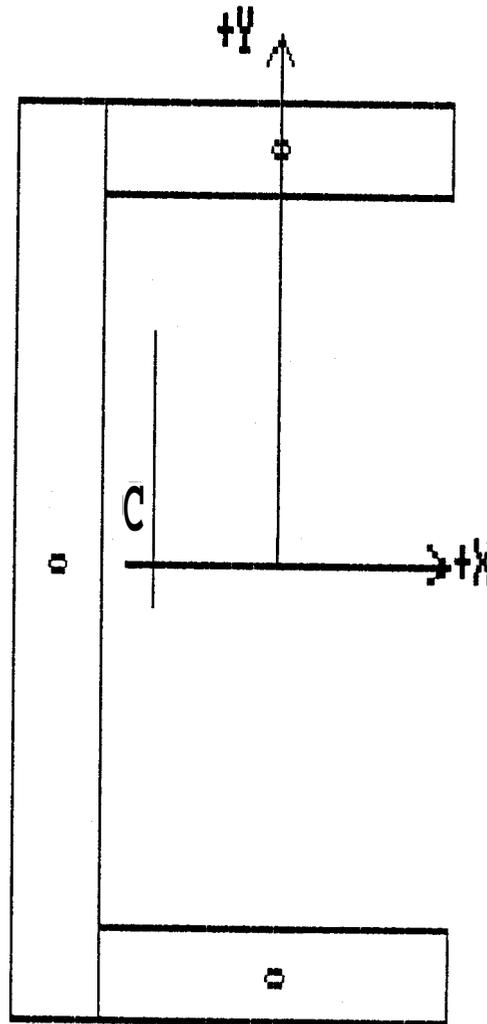
Figura 13

TIPO DE CONEXION SOLDADA



INGRESE LA LONGITUD DE AREA No . 3 (in)===>	4
INGRESE EL ANCHO DE AREA No . 3 (in)===>	1
INGRESE LA COORDENADA-X DE EL CENTROIDE DE AREA 3 ==>	0
INGRESE LA COORDENADA-Y DE EL CENTROIDE DE AREA 3 ==>	-4.5
INGRESE EL ANGULO ENTRE EL AREA Y EL EJE -X (DEG) ==>	0

YURI BOAS



SECTIONAL PROPERTIES

Centroid C :

$$N_x = -1.39 \text{ in}$$

$$N_y = 0.00 \text{ in}$$

$$\text{area} = 1.800E+01 \text{ in}^2$$

$$I_{xx} = 2.460E+02 \text{ in}^4$$

$$I_{yy} = 3.928E+01 \text{ in}^4$$

$$I_{xy} = 0.000E+00 \text{ in}^4$$

$$\text{Major axis} = 0.00 \text{ deg}$$

$$\text{Max } I_{xx} = 2.460E+02 \text{ in}^4$$

$$\text{Min } I_{yy} = 3.928E+01 \text{ in}^4$$

$$J = 2.853E+02 \text{ in}^4$$

$$X\text{-dist} = 3.39 \text{ in}$$

$$Y\text{-dist} = 5.00 \text{ in}$$

$$S_x = 4.920E+01 \text{ in}^3$$

$$S_y = 1.159E+01 \text{ in}^3$$

$$\text{Rad. Gyr. } x = 3.697 \text{ in}$$

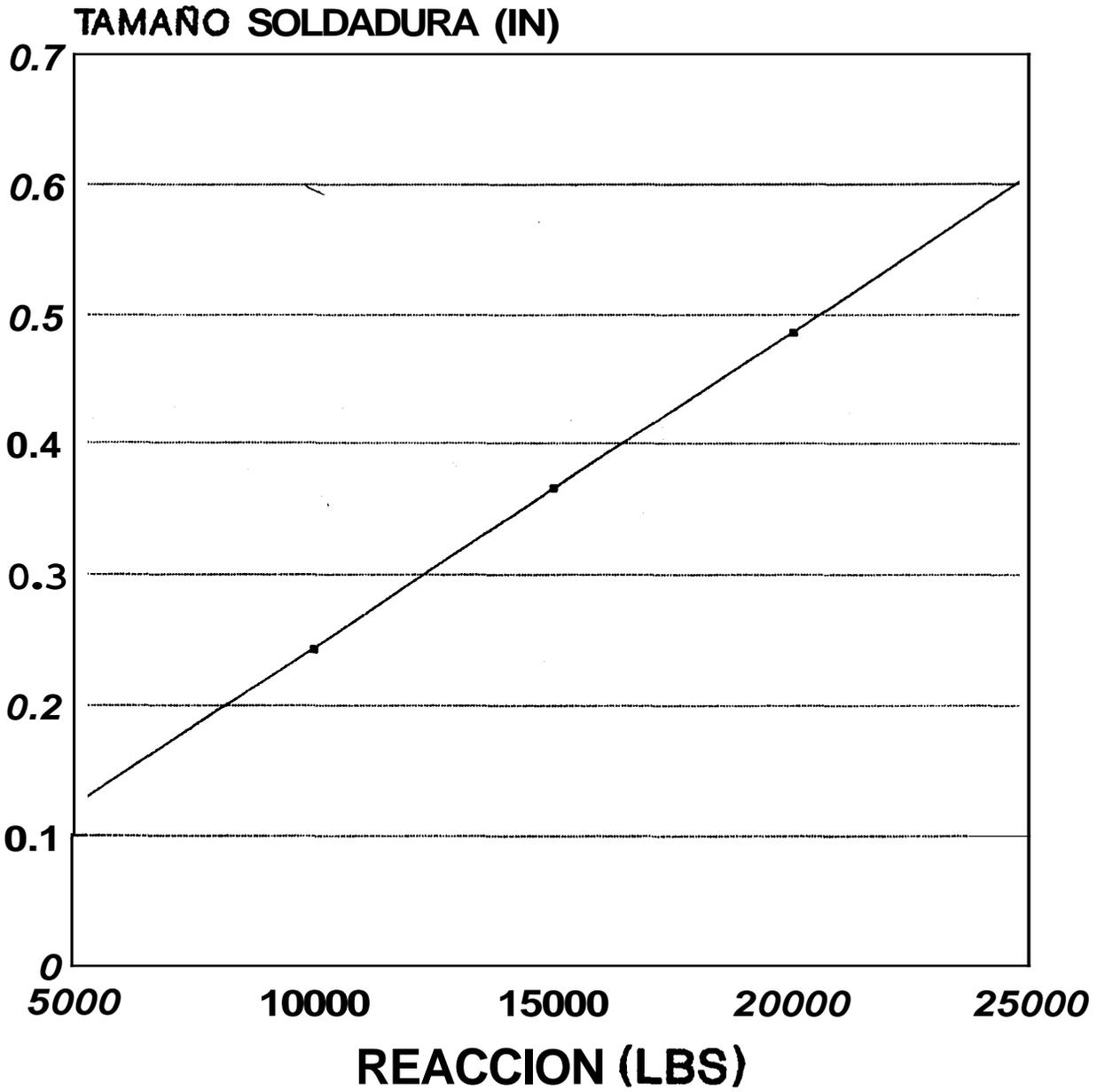
$$\text{Rad. Gyr. } y = 1.477 \text{ in}$$

SUMATORIO DE FUERZAS EN EJE - X ==> 2709.307
SUMATORIO DE FUERZAS EN EJE - Y ==> 2723.918

EL ESFUERZO RESULTANTE ES ==> 3898.77 (lb/in²)
EL TAMAÑO DE SOLDADURA ES ==> .3481044 (in)



TAMAÑO SOLDADURA VS REACCION



—■— FIGURA 14

EJEMPLO 2

Utilizando electrodos E70XX y especificaciones AISC. Determinar la dimensibn necesaria de la soldadura de filete para la conexi3n de la (fig. 15).

SOLUCION

Si consideramos una soldadura de filete como en la (fig. 16), de la cual conocemos que es un conexibn soldada TIPO A, de la cual podemos determinar el n3mero de areas que conforman dicha secci3n, las dimensiones de cada area y localizaci3n con respecto a un eje de referencia; con lo cual obtenemos las propiedades de dicha seccibn. Luego observamos que dicha conexibn esta sujeta a una combinaci3n de CORTANTE y FLEXION. A partir de estas fuerzas procedemos a determinar la Fuerza resultante que actua sobre la soldadura.

Conocidos estos datos, y sabiendo que utilizamos electrodos E70XX, y un acero estructural **A36** para construcciones; de la Tabla (2.3) obtenemos el esfuerzo l3mite para una soldadura de filete de 1 pulg. (**11.200** psi). Para finalmente determinar el Tama3o de soldadura requerido.

A continuaci3n procedemos a realizar la ejecuci3n del programa.

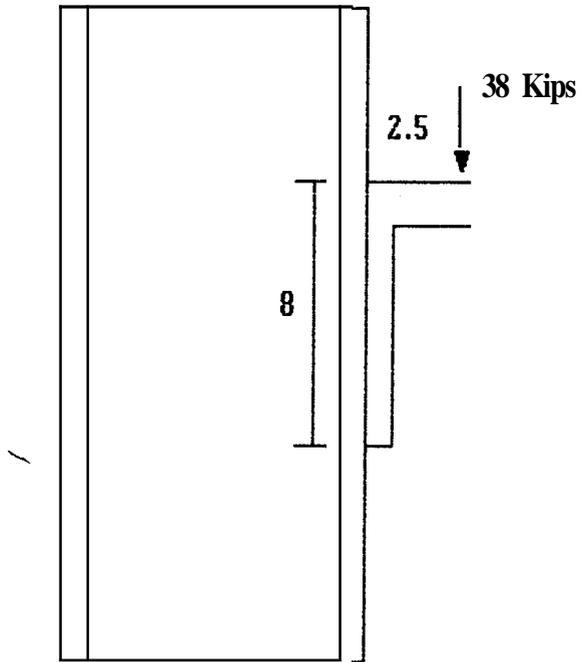


Figura 15

CONEXION SOLDADA (REF. 4)

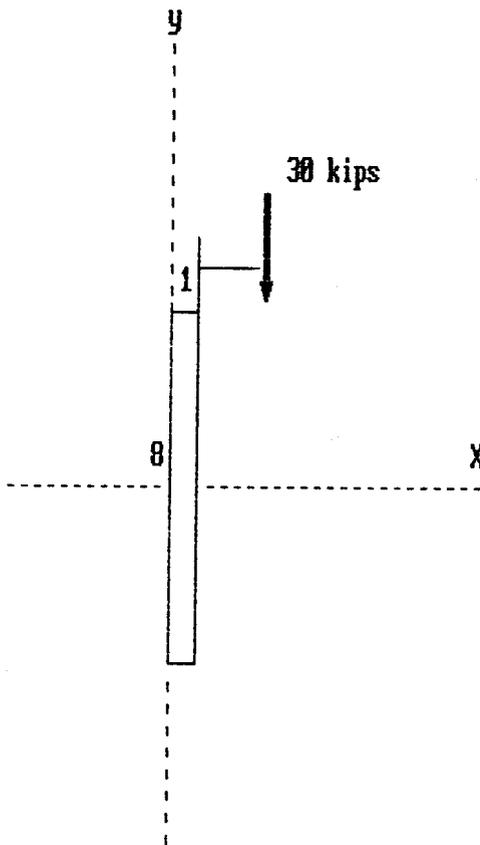
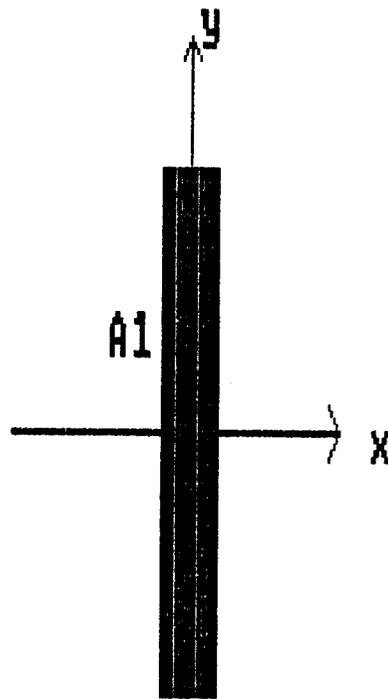


Figura 16

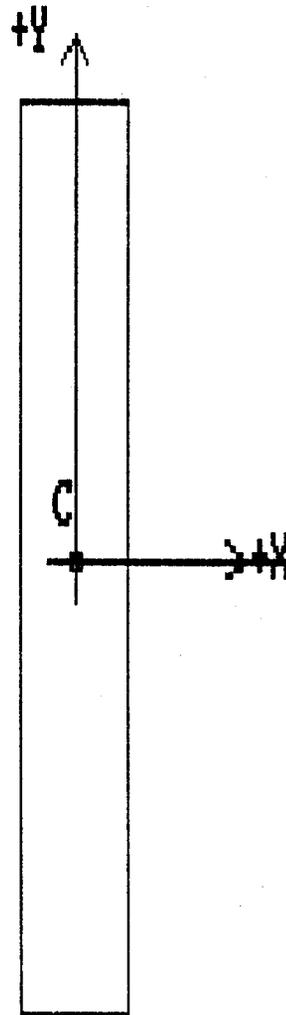
TIPO DE CONEXION SOLDADA



No AREAS = 1

INGRESE LONGITUD DE AREA No . 1 (in)===> 8
 INGRESE EL ANCHO DE AREA No . 1 (in)===> 1
 INGRESE LA COORDENADA-X DE EL CENTROIDE DE AREA 1 ==> 0
 INGRESE LA COORDENADA-Y DE EL CENTROIDE DE AREA 1 ==> 0
 INGRESE EL ANGULO ENTRE EL AREA Y EL EJE -X (DEG) ==> 90

YURI BOAS



SECTIONAL PROPERTIES

Centroid C :

$$N_x = 0.00 \text{ in}$$

$$N_y = 0.00 \text{ in}$$

$$\text{area} = 8.000E+00 \text{ in}^2$$

$$I_{xx} = 4.267E+01 \text{ in}^4$$

$$I_{yy} = 6.667E-01 \text{ in}^4$$

$$I_{xy} = 0.000E+00 \text{ in}^4$$

$$\text{Major axis} = 0.00 \text{ deg}$$

$$\text{Max } I_{xx} = 4.267E+01 \text{ in}^4$$

$$\text{Min } I_{yy} = 6.667E-01 \text{ in}^4$$

$$J = 4.333E+01 \text{ in}^4$$

$$X\text{-dist} = 0.50 \text{ in}$$

$$Y\text{-dist} = 4.00 \text{ in}$$

$$S_x = 1.067E+01 \text{ in}^3$$

$$S_y = 1.333E+00 \text{ in}^3$$

$$\text{Rad. Gyr. } x = 2.309 \text{ in}$$

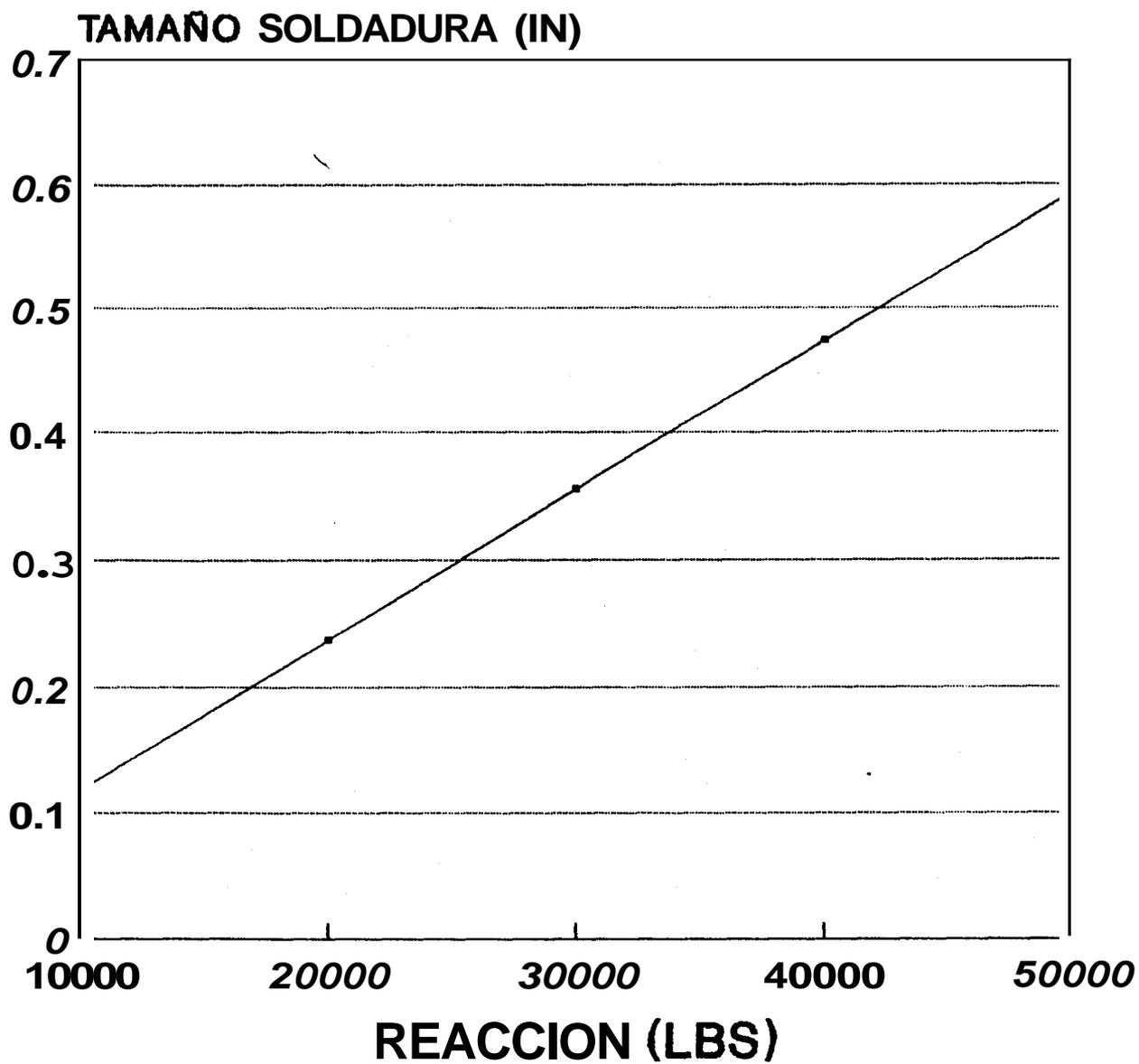
$$\text{Rad. Gyr. } y = 0.289 \text{ in}$$

SUMATORIO DE FUERZAS EN EJE-X ==> 3515.625

SUMATORIO DE **FUERZAS** EN EJE-Y ==> **1875**

EL **ESFUERZO** RESULTANTE ES ==> 3984.375 (lb/in²)

EL TAMAÑO RE SOLRADURA ES ==> .3557478 (in)

TAMAÑO SOLDADURA VS REACCION

—●— FIGURA 17

EJEMPLO 3

Para la fabricación de una estructura formada por una viga y dos placas, necesitamos utilizar conexiones soldadas como la que se muestra en la (fig. 18), determinar el correcto tamaño de soldadura requerido, para unir la viga a las **dos** placas para que nos permitan formar dicha estructura. Usar electrodos E70XX y especificaciones de la AISC.

SOLUCION

Como se observa en la (fig 18), tenemos una conexión de soldadura TIPO C, la cual se conecta con una viga, para formar una estructura; a partir de la cual podemos obtener el número de áreas que conforman dicha estructura, además de las dimensiones que tiene cada area y su localización con respecto a un eje de referencia, con lo cual obtendremos las propiedades de la sección entera. Como tenemos una viga soldada a dos placas, en ésta estructura se producen FUERZAS CORTANTES HORIZONTALES, la cual será la Fuerza resultante sobre la soldadura. Como utilizamos electrodos E70XX y un acero estructural **A36** para construcciones, de la TABLA (2.3) obtenemos el límite de esfuerzo para la soldadura de filete

(11.200 psi); a partir de estos datos procedemos a determinar el tamaño de soldadura requerido para soldar una viga a dos placas. A continuación se procedera a ejecutar el programa.

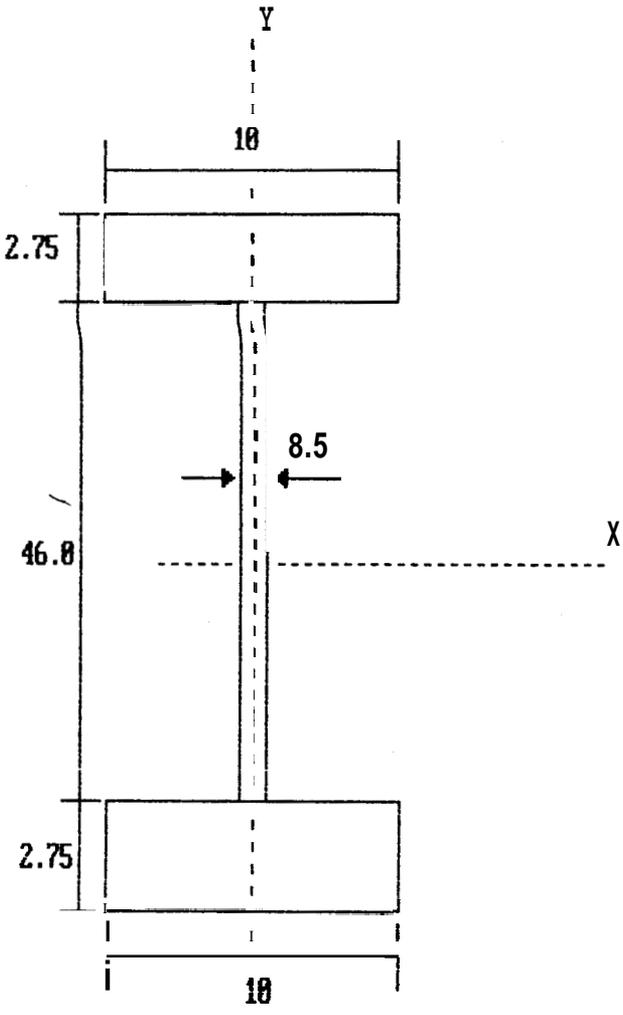


FIGURA 18

CONEXION SOLDADA (REF. 5)

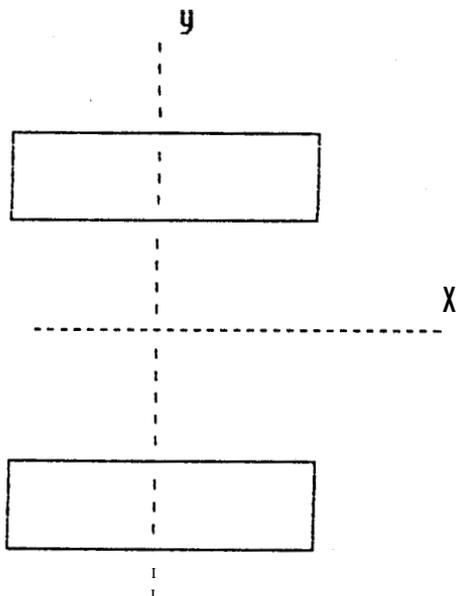
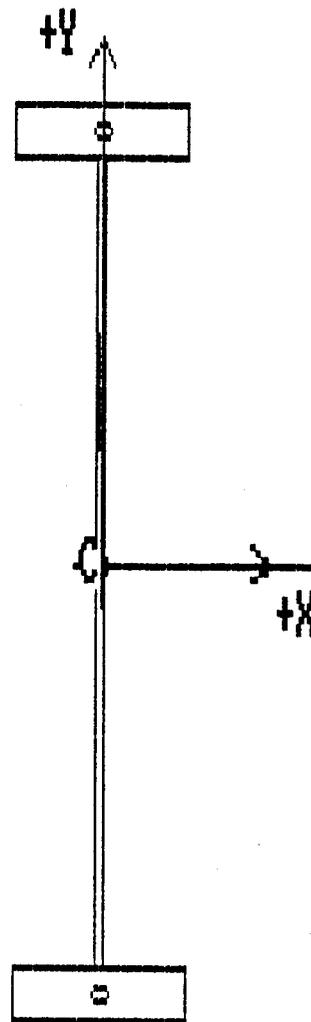


FIGURA 19

TIPO DE CONEXION SOLDADA

YURI BOAS



SECTIONAL PROPERTIES

Centroid C :

$N_x = 0.00$ in

$N_y = 0.00$ in

area = $7.800E+01$ in²

$I_{xx} = 3.677E+04$ in⁴

$I_{yy} = 4.588E+02$ in⁴

$I_{xy} = 0.000E+00$ in⁴

Major axis = 0.00 deg

Max $I_{xx} = 3.677E+04$ in⁴

Min $I_{yy} = 4.588E+02$ in⁴

$J = 3.723E+04$ in⁴

X-dist = 5.00 in

Y-dist = 25.75 in

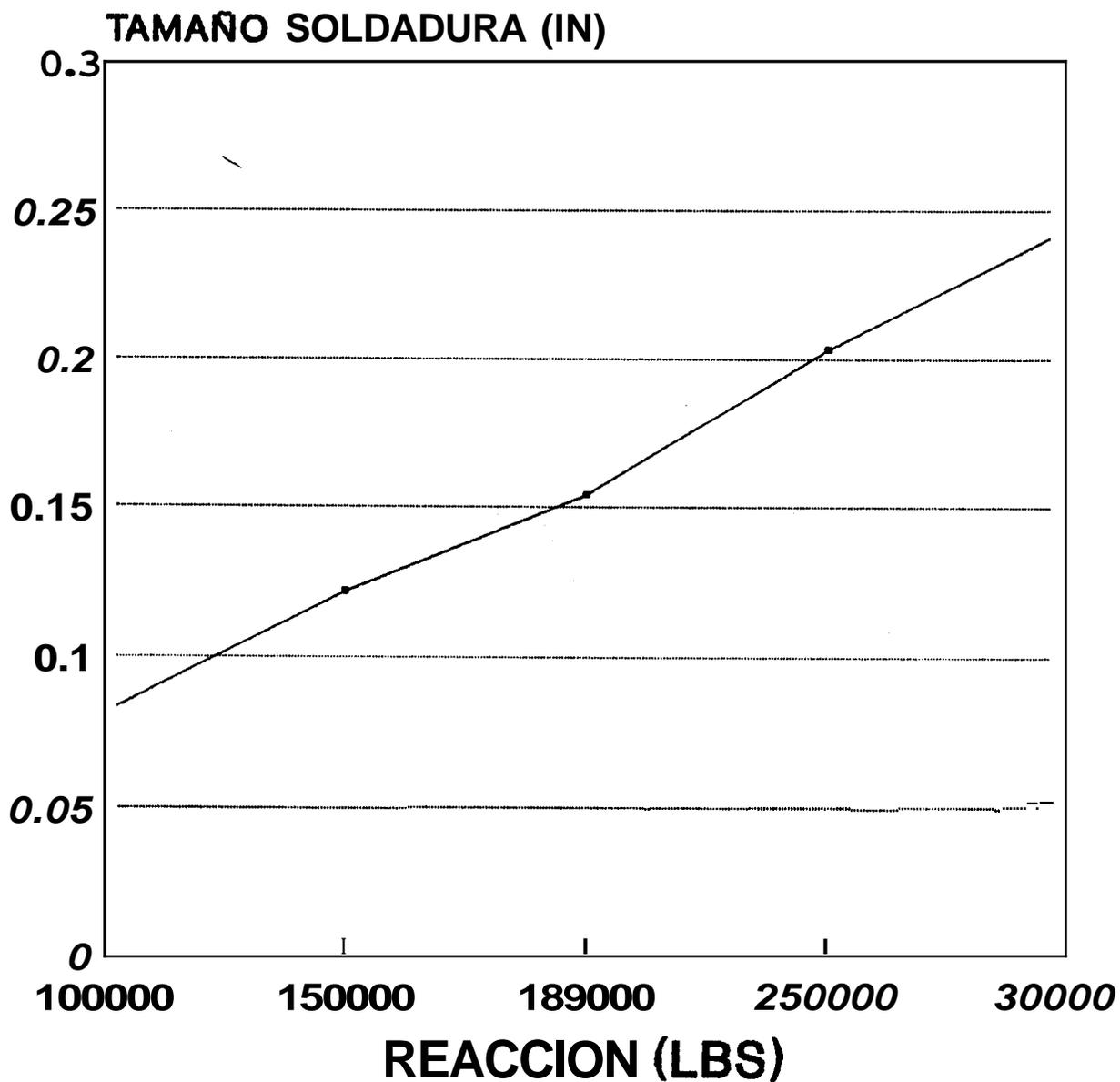
$S_x = 1.428E+03$ in³

$S_y = 9.176E+01$ in³

Rad. Gyr. x = 21.711 in

Rad. Gyr. y = 2.425 in

EL ESFUERZO RESULTANTE ES ==> **1722.814** (lb/in²)
EL TAMAÑO DE SOLDADURA ES ==> **-1538227** (in)

TAMAÑO SOLDADURA VS REACCION

—●— FIGURA 20

CAPITULO VI

ANALISIS DE RESULTADOS

En general evaluando el presente proyecto se puede decir que los objetivos trazados se cumplieron, ya que se complementó un programa existente, el cual permite ahora el cálculo de las propiedades de secciones soldadas y tamaño de soldadura, que son de una gran importancia para resolver la mayoría de problemas de diseño en Ingeniería de Soldadura. Además se documentó dicho programa presentando en este trabajo los fundamentos teóricos que fueron básicos para la realización del mismo. Luego se obtuvieron los diagramas de flujo de las subrutinas más importantes que componen el programa, los cuales permiten una fácil comprensión de como está elaborado el programa, para finalmente proceder a la aplicación del programa en problemas de soldadura.

En cuanto se refiere a la aplicación del programa se escogieron problemas típicos de soldadura. Se calculó primeramente las propiedades de las secciones soldadas, para posteriormente obtener el tamaño de soldadura de diversas placas sometidas a la aplicación de cargas, las

cuales generan una combinación de esfuerzos.

Comparando los resultados que se obtienen de las propiedades de las secciones para los ejemplos propuestos, se observa que los momentos de inercia con respecto al eje X son iguales a los momentos de inercia máximo, y los momentos de inercia con respecto al eje Y son iguales a los momentos de inercia mínimo, para cada uno de los casos planteados, esto se debe fundamentalmente a que las áreas que conforman la sección total son **simétricas**, lo que trae como consecuencia que el producto de inercia sea cero, Y además que los ejes principales con respecto a los ejes de referencia formen un ángulo de cero grados. Esto se comprueba fácilmente si los parámetros anotados son reemplazados en las ecuaciones (1.17 y 1.18). Además se puede ver claramente que los momentos de inercia con respecto al eje X son mayores que los momentos de inercia con respecto al eje Y, esto se debe principalmente a la configuración de las secciones analizadas, que tenderán a rotar alrededor del eje X.

También se puede decir que el momento polar de inercia **se** lo puede calcular sumando los momentos de inercia con respecto a cada eje o sumando los momentos de inercia principales (máximo y mínimo).

En cuanto al módulo de la sección y radio de giro, los valores con respecto al eje X son de mayor magnitud si se comparan con los que se obtienen para el eje Y, esto se debe a que estos dos parámetros dependen directamente del momento de inercia, el cual es de mayor magnitud en el eje X.

Analizando el ejemplo 1 se observa que se trata de una conexión TIPO E, la cual está sometida a una carga que genera esfuerzos de CORTE y TORSION. Luego utilizando las especificaciones que se dan en el problema, se puede determinar el tamaño mínimo para el filete de soldadura que es de 0.348 pulg, por lo cual se aconseja tomar electrodos de 3/8 pulg.

Para el ejemplo 2 la conexión soldada es del TIPO A, la cual se encuentra sometida a una carga que produce esfuerzos de CORTE Y FLEXION. Luego de cumplir las especificaciones dadas en el problema se obtuvo que el tamaño mínimo de soldadura que calcula el programa es de 0.355 pulg, para este valor se aconseja usar también como en el caso anterior electrodos de 3/8 pulg.

En el ejemplo 3 la conexión soldada es del TIPO C la cual se encuentra sometida a esfuerzos CORTANTES HORIZONTALES. Luego de cumplir con las especificaciones dadas en el problema se obtuvo que el tamaño mínimo para

un filete de soldadura es de 0.155 pulg. Pero como el espesor de la placa es de 2.75 pulg. de la Tabla (2.2) se conoce que el tamaño mínimo de soldadura aconsejable es de 1/2 pulg. Debido al exceso de tamaño de soldadura requerido para fabricar esta junta soldada, no es necesario realizar un cordón continuo de filete de soldadura, como consecuencia del sobredimensionamiento que es necesario para cumplir con los requerimientos de la AWS.

Al observar las figuras (14, 17 y 20) que comparan el tamaño de soldadura de la placa (w) vs la reacción aplicada (P), se demuestra que existe una correspondencia lineal entre estos dos parámetros, lo cual comprueba la validez de la ecuación (2.3).

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Una de las principales ventajas del uso de computadoras en soldadura, si se lo compara con cualquier método manual de calculo, es la rapidez y la exactitud con que se obtienen los resultados, sin necesidad de experimentación.
- 2.- Como ya se observó el programa SECTPROP, permite el cálculo de las propiedades de las secciones soldadas, el cual se ha complementado con el cálculo de esfuerzos en soldadura, para posteriormente encontrar el correcto tamaño de soldadura, evitando así el exceso de tamaño de soldadura que es uno de los factores que influyen en el costo de producción.
- 3.- En los ejemplos de aplicación, se ha trabajado unicamente con soldadura de filete, ya que cualquier persona que haya tenido experiencia en estructuras de acero sabe que estas en su gran mayoría se realizan con este tipo de soldadura.

Esto se debe principalmente a que cuando se traslapan miembros de acero, son permisibles tolerancias mayores durante el montaje, que son características de las soldaduras de filete.

Entre **las** recomendaciones podemos citar **las** siguientes:

- 1.- Debido a las grandes bondades que presenta el programa SECTPROP se recomienda la utilización de este programa en otras aplicaciones tales como: diseño de bases para columnas, diseño de estructuras para el soporte de maquinaria, en la construcción de edificios y puentes, conexiones viga-columna, diseño de armazones rígidas, etc; ya que dicho programa puede ser adaptado fácilmente a la necesidad presentada.

- 2.- Otra de las recomendaciones que se debe hacer para obtener resultados satisfactorios, es que primeramente se debe seleccionar el **tipo** adecuado de conexión soldada y además determinar correctamente el **tipo** de esfuerzos que genera la aplicación de una carga dada, para a continuación proceder a la aplicacidn del programa.

A P E N D I C E

LISTADO DEL PROGRAMA

PROPIEDADES DE LAS SECCIONES SOLDADAS

```

10 'fffffffffffffffffffff-----f
20 '          f          f
30 '          f DISEÑO EN SOLDADURA UTILIZANDO f
40 '          f          COMPUTADORAS          f
50 'fffffffffffffffffffff-----f
60 '
70 '
80 '          ((((( PROPIEDADES DE SECCIONES DE AREAS
SOLDADAS )))))
90 '
100 '
110 '          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
120 '          XXX PROGRAMA PRINCIPAL XXX
130 '          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
140 '
150 PI = ATN(1)*4
160 RAD = PI/180
170 KEY OFF
180 '
190 '          MAIN PROGRAM COORDINATES THE WHOLE PROCESS OF
CALCULATION
200 DIM CORNER(40,4,2), NCORNER(40,4,2)
210 GOSUB 840
220 GOSUB 5420
230 SCREEN 0:WIDTH 80
240 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 7,0 ELSE COLOR 7,9
250 CLS:PRINT:PRINT
260 PRINT "          DESEA USTED PRIMERO VER LAS INSTRUCCIONES
(y/n)";
270 INPUT " ",ANS$
280 IF ANS$ = "y" OR ANS$ = "Y" THEN GOSUB 4660
290 CLS :BEEP
300 PRINT "          DESEA VER UN MENU CON ALGUNOS TIPOS DE
CONEXIONES ? (y/n)";
310 LOCATE 7,20:PRINT " SI DECIDE NO VER ESTE MENU,EL
PROGRAMA, "
320 LOCATE 8,20:PRINT " PRIMERO LE PEDIRA EL NUMERO DE
AREAS DE "
330 LOCATE 9,20:PRINT " QUE COMPONEN LA SECCION QUE USTED
DESEA "
340 LOCATE 10,20:PRINT " ANALIZAR. UTILIZAREMOS ESTA
OPCION PARA "
350 LOCATE 11,20:PRINT " SECCIONES DE GEOMETRIA COMPLEJAS
QUE NO "
360 LOCATE 12,20:PRINT " CONSTAN EN EL MENU ANTES
MENCIONADO. "
370 LOCATE 13,20:PRINT " CUANDO SE ELIGE VER EL MENU, AL
ESCOGER "
380 LOCATE 14,20:PRINT " UN DETERMINADO TIPO EL PROGRAMA
AUTOMA "
390 LOCATE 15,20:PRINT " TICAMENTE MOSTRARA EL NUMERO DE
AREAS "
400 LOCATE 16,20:PRINT " QUE COMPONEN DICHA SECCION. "

```

```

410 INPUT " ",ANS$
420 IF ANS$="Y" OR ANS$="Y" THEN GOSUB 5660 ELSE GOSUB
    1350
430 GOSUB 3050
440 GOSUB 1610 : GOSUB 1750 : GOSUB 2010
450 GOSUB 2250 : GOSUB 2390 : GOSUB 2580 : GOSUB 2680
460 GOSUB 5550
470 GOSUB 3230
480 SCREEN 0
490 CHANGED = 0
500 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 7,0 ELSE COLOR 7,9
510 CLS:PRINT:PRINT:PRINT
520 PRINT "      USTED DESEA "
530 PRINT
540 PRINT "          1. VER LAS INSTRUCCIONES"
550 PRINT "          2. MODIFICAR LOS DATOS DE ENTRADA"
560 PRINT "          3. VER NUEVAMENTE PROPIEDADES DE LAS
            SECCIONES"
570 PRINT "          4. CORRER NUEVAMENTE EL PROGRAMA"
580 PRINT "          5. CCSLCULAR TAMANO DE SOLDAURA"
590 PRINT "          6. SCSLIR"
600 INPUT ANSWER$
610 IF ANSWERS = "1" THEN GOSUB 4660
620 IF ANSWERS = "2" THEN GOSUB 5040:IF CHANGED THEN GOTO
    430
630 IF ANSWERS = "3" THEN GOSUB 3230
640 IF ANSWERB = "4" THEN GOTO 290
650 IF ANSWER$ = "5" THEN GOSUB 8870
660 IF ANSWERS="6" THEN GOTO 800
670 IF ANSWERS <> "6" THEN GOTO 480
680 CLS:SCREEN 0:WIDTH 80:KEY ON
690 GOTO 790
700 COLOR 2
710 LOCATE 10,20:PRINT "To run the program again, press
    "
720 COLOR 18
730 PRINT "F2."
740 COLOR 2
750 OLDTIME = TIMER
760 NEWTIME = TIMER
770 A$ = INKEY$:IF LEN(A$) > 3 FIND MID$(A$,1,3) = "RUN"
    THEN GOTO 420
780 IF ABS(NEWTIME - OLDTIME) < 30 THEN GOTO 760
790 RUN "GREET"
800 END
810
820
830
840 -----START PROGRAM-----
850 BKGRND = 0:PLLTE = 0
860 KEY OFF
870 SCREEN 1:COLOR BKGRND,PLLTE:CLS
880 FOR I = 1 TO 3

```

```

890 LINE (0 + I,0 + I) - (319 - 1,199 - I),2,B
900 NEXT I
910 '
920 COLUMN = 7
930 A$ = STRING$(28,"*")
940 LOCATE 4,COLUMN:PRINT A$
950 A$ = "* COMPUTER-AIDED WELDING *"
960 ROW = 5
970 LOCATE ROW,COLUMN:PRINT A$
980 LOCATE 6,COLUMN:PRINT "*"
990 A$ = "***** DESIGN ** *"
1000 ROW = 7
1010 LOCATE ROW,COLUMN:PRINT A$
1020 A$ = STRING$(20,"*")
1030 LOCATE 8,10:PRINT A$
1040 A$ = "PROPIEDADES DE LAS SECCIONES"
1050 ROW = 12: COLUMN = 11
1060 GOSUB 1150
1070 LOCATE 16,6:PRINT "ESCRITO POR: Oussama Jammel"
1080 LOCATE 17,6:PRINT " Che Ming Lee"
1090 LOCATE 18,6:PRINT "CORREGIDO POR: YURI BOAS"
1100 LOCATE 19,6:PRINT "REVISADO POR: ING. OMAR SERRANO"
1110 LOCATE 22,5:PRINT "PRESIONE UNA TECLA PARA
CONTINUAR"
1120 GOSUB 5400
1130 RETURN
1140
1150 LENGTH = LEN(A$)
1160 POSITION = COLUMN
1170 FOR I = 1 TO LENGTH
1180 B$ = MID$(A$,I,1)
1190 IF B$ = " " THEN GOTO 1240
1200 FOR II = 1 TO (39 - POSITION)
1210 LOCATE ROW,38 - II:PRINT B$
1220 LOCATE ROW,39 - II:PRINT " "
1230 NEXT II
1240 POSITION = POSITION + 1
1250 NEXT I
1260 RETURN
1270
1280
1290 '
1300 ' XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXX INPUT DATA XXX
1310 ' XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1320
1330 GOSUB 5660
1340 SCREEN 0:IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 7,0 ELSE COLOR
7,9
1350 CLS:PRINT:PRINT:PRINT
1360 BEEP : COLOR 4: INPUT " INGRESE No. DE AREAS==>
", ANS$
1370 CLS

```

```

1380 NA = VAL(ANS$)
1390 FOR 1=1 TO NA
1400 LOCATE 5,1
1410 PRINT " INGRESE LONGITUD DE AREA No. "I"
1420 BEEP : INPUT " (in) ==> ",L(I) :PRINT
1430 PRINT " INGRESE ANCHO DE AREA No. "I"
1440 INPUT " (in) ==> ",W(I) :PRINT
1450 AREA(I) = L(I)*W(I)
1460 PRINT " INGRESE LA COORDENADA-X DE EL CENTROIDE
DE"
1470 PRINT " AREA ";I
1480 INPUT " ==> ",CNTRD(I,1)
1490 PRINT
1500 PRINT " INGRESE LA COORDENADA-Y DE EL CENTROIDE
DE"
1510 PRINT " AREA ";I
1520 INPUT " ---> ",CNTRD(I,2)
1530 PRINT
1540 PRINT " INGRESE EL ANGULO ENTRE EL AREA y EL EJE-
X"
1550 BEEP : INPUT " (deg) ==> ",ANGLE(I)
1560 CLS
1570 NEXT I
1580 COLOR 7
1590 GOSUB 5040
1600 RETURN
1610 ' XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXX CENTROID XXX
1620 ' XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1630 '
1640 '
1650 '
1660 '
1670 SX=0 : SY=0 : SA=0
1680 FOR 1=1 TO NA
1690 SX=SX+L(I)*W(I)*CNTRD(I,1)
1700 SY=SY+L(I)*W(I)*CNTRD(I,2)
1710 SA=SA+L(I)*W(I)
1720 NEXT I
1730 NX=SX/SA : NY=SY/SA
1740 RETURN
1750 ' XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
XXX INERTIA XXX
1760 ' XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1770 '
1780 '
1790 '
1800 '
1810 FOR I=1 TO NA
1820 IX(I)=L(I)*W(I)^3/12
1830 IY(I)=W(I)*L(I)^3/12
1840 IXY(I)=0
1850 PRINT

```

```

1860 NEXT I
1870 RETURN
1880 '
1890 '          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
          XXX  ROTATION  XXX
1900 '          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
1910 '
1920 '
1930 RPHI=PHI*RAD
1940 CS=COS(RPHI) : SN=SIN(RPHI) : CS2=COS(2*RPHI) :
      SN2=SIN(2*RPHI)
1950 RTXINRT = XINRT*CS^2 + YINRT*SN^2 - XYINRT*SN2
1960 RTYINRT = XINRT*SN^2 + YINRT*CS^2 + XYINRT*SN2
1970 RTXYINRT = .5*SN2*XINRT - .5*SN2*YINRT + XYINRT*CS2
1980 RETURN
1990 '
2000 '
2010 '          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
          XXX  TRANSLATION  XXX
2030 '          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
2040 '
2050 '
2060 '
2070 FOR I = 1 TO NA
2080 IF ANGLE(I) <> 0 AND ANGLE(I) <> 90 THEN GOTO 2120
2090 IF ANGLE(I) = 90 THEN SWAP IX(I),IY(I)
2100 IXP(I) = IX(I):IYP(I) = IY(I):IXYP(I) = IXY(I)
2110 GOTO 2160
2120 XINRT = IX(I):YINRT = IY(I):XYINRT = IXY(I)
2130 PHI = - ANGLE(I)
2140 GOSUB 1890
2150 IXP(I) = RTXINRT:IYP(I) = RTYINRT:IXYP(I) = RTXYINRT
2160 NEXT I
2170 '
2180 FOR 1=1 TO NA
2190 IXQ(I) = IXP(I) + AREA(I)*((CNTRD(I,2) - NY)^2)
2200 IYQ(I) = IYP(I) + AREA(I)*((CNTRD(I,1) - NX)^2)
2210 IXYQ(I) = IXYP(I) + AREA(I)*(CNTRD(I,1) -
      NX)*(CNTRD(I,2) - NY)
2220 NEXT I
2230 RETURN
2240 '
2250 '          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
2260 '          XXX  TMOMINT  XXX
2270 '          XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
2280 '
2290 '
2300 '
2310 IXX=0 : IYY=0 : IXXYY=0
2320 FOR I=1 TO NA
2330 IXX=IXX+IXQ(I)
2340 IYY=IYY+IYQ(I)
2350 IXXYY=IXXYY+IXYQ(I)

```

```

2360 NEXT I
2370 RETURN
2380 '
2390 '           XXXXXXXXXXXXX
2400 '           XXX PMOMIN XXX
2410 '           XXXXXXXXXXXXX
2420 '
2430 '
2440 IF IXXYY = 0 THEN TNGT = 0:GOTO 2460
2450 TNGT=(2*IXXYY)/(IYY-IXX)
2460 TET=.5*ATN(TNGT)
2470 PHI = TET/RAD
2480 XINRT = IXX:YINRT = IYY:XYINRT = IXXYY
2490 GOSUB 1890
2500 IXR = RTXINRT:IYR = RTYINRT
2510 MJRPMIN = IXR:MNRPMIN = IYR
2520 IF MJRPMIN < MNRPMIN THEN SWAP MJRPMIN,MNRPMIN:TET =
      TET + PI/2
2530 IF TET > PI/2 THEN TET = TET - PI
2540 DTET=TET/RAD
2550 RETURN
2560 '
2570 '
2580 '           XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
2590 '           XXX RADIUS OF GYRATION XXX
2600 '           XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
2610 '
2620 '
2630 '
2640 RX=SQR(IXR/SA) : RY=SQR(IYR/SA)
2650 RETURN
2660 '
2670 '
2680 '           XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
2690 '           XXX SECTION MODULUS XXX
2700 '           XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
2710 '
2720 '
2730 '
2740 FOR I = 1 TO NA
2750 FOR II = 1 TO 4
2760 NCORNER(I,II,1) = CORNER(I,II,1) - NX
2770 NCORNER(I,II,2) = CORNER(I,II,2) - NY
2780 NEXT II
2790 NEXT I
2800 XMAX = 0
2810 YMAX = 0
2820 THETA = PHI
2830 '
2840 FOR I = 1 TO NA
2850 FOR II = 1 TO 4
2860 OLDX = NCORNER(I,II,1)
2870 OLDY = NCORNER(I,II,2)

```

```

2880 GOSUB 2970
2890
2900 IF ABS(ROTATEX) > ABS(XMAX) THEN XMAX = ROTATEX
2910 IF ABS(ROTATEY) > ABS(YMAX) THEN YMAX = ROTATEY
2920 NEXT II
2930 NEXT I
2940 ZXX=IXR/YMAX
2950 ZYY=IYR/XMAX
2960 RETURN
2970
2980 RTHETA = THETA*RAD
2990 ROTATEX = OLDX*COS(RTHETA) + OLDY*SIN(RTHETA)
3000 ROTATEY = -OLDX*SIN(RTHETA) + OLDY*COS(RTHETA)
3010 RETURN
3020
3030 '
3040 '
3050 -----CALCULATE THE COORDINATES OF CORNERS OF
      EACH AREA-----
3060 FOR I = 1 TO NA
3070  LENGH = L(I):WDTH = W(I)
3080  FOR II = 1 TO 4
3090  SIGN = 1:IF II < 3 THEN SIGN = -1
3100  OLDX = LENGH*SIGN/2
3110  OLDY = WDTH*(-1)^II/2
3120  THETA = -ANGLE(I)
3130  GOSUB 2970
3140  CORNER(I,II,1) = CNTRD(I,1) + ROTATEX
3150  CORNER(I,II,2) = CNTRD(I,2) + ROTATEY
3160  NEXT II
3170  SWAP CORNER(I,3,1),CORNER(I,4,1)
3180  SWAP CORNER(I,3,2),CORNER(I,4,2)
3190  NEXT I
3200  RETURN
3210
3220
3230          XXXXXXXXXXXXXXXX
3240        XXX PLOTTING XXX
3250          XXXXXXXXXXXXXXXX
3260
3270
3280 SCREEN 2 : CLS : KEY OFF
3290 XXMAX = -999:XXMIN = 999
3300 YYMAX = -999:YYMIN = 999
3310
3320 FOR I = 1 TO NA
3330 FOR II = 1 TO 4
3340 IF CORNER(I,II,1) > XXMAX THEN XXMAX =
      CORNER(I,II,1)
3350 IF CORNER(I,II,1) < XXMIN THEN XXMIN =
      CORNER(I,II,1)
3360 IF CORNER(I,II,2) > YYMAX THEN YYMAX =
      CORNER(I,II,2)

```

```

3370 IF CORNER(I,II,2) < YYMIN THEN YYMIN =
      CORNER(I,II,2)
3380 NEXT II
3390 NEXT I
3400 '
3410 IF XXMIN >= 0 THEN XXMIN = -XXMAX/8
3420 IF YYMIN >= 0 THEN YYMIN = -YYMAX/8
3430 IF XXMAX <= 0 THEN XXMAX = -XXMIN/8
3440 IF YYMAX <= 0 THEN YYMAX = -YYMIN/8
3450 '
3460 RIGHT = XXMAX + (XXMAX - XXMIN)/6:LEFT = XXMIN -
      (XXMAX - XXMIN)/6
3470 TOP = YYMAX + (YYMAX - YYMIN)/2:BOTTOM = YYMIN -
      (YYMAX - YYMIN)/2
3480 IF RIGHT > TOP THEN TOP = RIGHT ELSE RIGHT = TOP
3490 IF LEFT < BOTTOM THEN BOTTOM = LEFT ELSE LEFT =
      BOTTOM
3500 TOP = TOPt.72 :BOTTOM = BOTTOMt.72
3510 WINDOW (RIGHT, TOP)-(LEFT, BOTTOM)
3520 '
3530 FOR I = 1 TO NA                                ' draw
      areas
3540 FOR II = 1 TO 3
3550 LINE (CORNER(I,II,1),CORNER(I,II,2)) -
      (CORNER(I,II+1,1),CORNER(I,II+1,2))
3560 NEXT II
3570 LINE -(CORNER(I,1,1),CORNER(I,1,2))
3580 NEXT I
3590 '
3600 XAXIS = (RIGHT - LEFT)*.6 + LEFT                ' draw
      axis
3610 YAXIS = (TOP - BOTTOM)*.9 + BOTTOM
3620 LINE (0,0) - (XAXIS,0)
3630 LINE (0,0) - (0,YAXIS)
3640 '
3650 XRANGE = RIGHT - LEFT
3660 YRANGE = TOP - BOTTOM
3670 '
3680 FOR I = 1 TO NA
3690 CIRCLE(CNTRD(I,1),CNTRD(I,2)),3*XRANGE/640
3700 NEXT I
3710 WNDWX = XAXIS
3720 WNDWY = 0
3730 GOSUB 4460
3740 LOCATE CINT(VRTCL + 1),CINT(HRZNTL + 1):PRINT "+X"
3750 X1 = XAXIS:Y1 = 0
3760 THETA = 0:GOSUB 4520
3770 '
3780 WNDWX = 0
3790 WNDWY = YAXIS
3800 GOSUB 4460
3810 LOCATE CINT(VRTCL),CINT(HRZNTL - 2):PRINT "+Y"
3820 X1 = 0:Y1 = YAXIS

```

```

3830 THETA = 90:GOSUB 4520
3840 '
3850 X = XRANGE/64
3860 Y = YRANGE/30
3870 '
3880 CROSSX1 = NX - X
3890 CROSSX2 = NX + X
3900 CROSSY1 = NY - Y
3910 CROSSY2 = NY + Y
3920 '
3930 LINE (CROSSX1,NY) - (CROSSX2,NY)
3940 LINE (NX,CROSSY1) - (NX,CROSSY2)
3950 WNDWX = NX:WNDWY = NY
3960 GOSUB 4460
3970 LOCATE VRTCL,HRZNTL:PRINT "C"
3980 '
3990 '
4000 L = XRANGE*80/640
4010 X = L*COS(TET) + NX:Y = L*SIN(TET) + NY
4020 LINE (NX,NY) - (X,Y)
4030 X = L*COS(PI/2 + TET) + NX:Y = L*SIN(PI/2 + TET) +
      NY
4040 LINE (NX,NY) - (X,Y)
4050 '
4060 WINDOW SCREEN (0,0) - (639,199)
4070 LINE (1,1) - (638,198),,B
4080 LINE (2,2) - (637,197),,B
4090 BXLFT = 436
4100 LINE (BXLFT,2) - (BXLFT,198)
4110 '
4120 LOCATE 2,58:PRINT "SECTIONAL PROPERTIES"
4130 LINE (BXLFT,20) - (638,20)
4140 LOCATE 4,61:PRINT "Centroid C :"
4150 LOCATE 5,63:PRINT "Nx = ";:PRINT USING "fff.fff
      in" NX
4160 LOCATE 6,63:PRINT "Ny = ";:PRINT USING "fff.fff
      in";NY
4170 LINE (BXLFT,52) - (638,52)
4180 LOCATE 8,58:PRINT "area =";:PRINT USING "ff.fff^^^^
      in^2";SA
4190 LOCATE 9,58:PRINT " Ixx =";:PRINT USING "ff.fff^^^^
      in^4";IXX
4200 LOCATE 10,58:PRINT " Iyy =";:PRINT USING "ff.fff^^^^
      in^4";IYY
4210 LOCATE 11,58:PRINT " Ixy =";:PRINT USING "ff.fff^^^^
      in^4";IXYY
4220 LINE (BXLFT,92) - (638,92)
4230 LOCATE 13,57:PRINT "Major axis =";:PRINT USING
      "fff.fff deg";DTET
4240 LOCATE 14,57:PRINT "Max";
4250 IF IXR > IYR THEN PRINT "Ixx="; ELSE PRINT "Iyy=";
4260 PRINT USING "ff.fff^^^^ in^4";MJRPMIN
4270 LOCATE 15,57:PRINT "Min";

```

```

4280 IF IXR < IYR THEN PRINT "Ixx="; ELSE PRINT "Iyy=";
4290 PRINT USING "ff.fff^^^^ in^4";MNRPMIN
4300 LOCATE 16,59:PRINT USING "J   =ff.fff^^^^
      in^4";MNRPMIN + MJRPMIN
4310 LINE (BXLFT,132) - (638,132)
4320 LOCATE 18,60:PRINT "X-dist =";:PRINT USING "fff.ff
      in";ABS(XMAX)
4330 LOCATE 19,60:PRINT "Y-dist =";:PRINT USING "fff.ff
      in";ABS(YMAX)
4340 LOCATE 20,58:PRINT "Sx = ";:PRINT USING "ff.fff^^^^
      in^3";ABS(ZXX)
4350 LOCATE 21,58:PRINT "Sy = ";:PRINT USING "ff.fff^^^^
      in^3";ABS(ZYY)
4360 LINE (BXLFT,172) - (638,172)
4370 LOCATE 23,58:PRINT "Rad.Gyr. x =";:PRINT USING
      "ff.fff in";RX
4380 LOCATE 24,58:PRINT "Rad.Gyr. y =";:PRINT USING
      "ff.fff in";RY;
4390 IF USERS = "" OR USERS = " " GOTO 4440
4400 WINDOW SCREEN (0,0) - (639,199)
4410 LOCATE 2,2:PRINT USER$
4420 LINE (8*LEN(USER$) + 16,20) - (0,0),,B
4430 WINDOW (RIGH,TOP) - (LEFT,BOTTOM)
4440 GOSUB 5400
4450 RETURN
4460 HRZNTL = (WNDWX - LEFT)*80/XRANGE
4470 VRTCL = (TOP - WNDWY)*25/YRANGE
4480 RETURN
4490 .
4500 .
4510 .
4520 '- - - - - -- ARROW-----
4530 THETAA = THETA + 150
4540 THETAB = THETA - 150
4550 RTHETAA = THETAA*RAD:RTHETAB = THETABIRAD
4560 ARRWLNG = 10*XRANGE/640
4570 .
4580 X2 = X1 + ARRWLNG*COS(RTHETAA)
4590 Y2 = Y1 + ARRWLNG*SIN(RTHETAA)
4600 LINE (X1,Y1) - (X2,Y2)
4610 '
4620 X2 = X1 + ARRWLNG*COS(RTHETAB)
4630 Y2 = Y1 + ARRWLNG*SIN(RTHETAB)
4640 LINE (X1,Y1) - (X2,Y2)
4650 RETURN
4660 '-----INSTRUCTIONS-----
4670 SCREEN 0
4680 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 10,0 ELSE COLOR 9,12
4690 CLS:PRINT:PRINT
4700 PRINT TAB(25) "PROPIEDADES DE LAS SECCIONES"
4710 PRINT TAB(25) "-----"
4720 PRINT:PRINT
4730 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 7,0 ELSE COLOR 7,12

```

```

4740 PRINT "          ESTE PROGRAMA CALCULA LAS
        PROPIEDADES DE LAS SECCIONES"
4750 PRINT "          DE AREAS RECTANGULARES COMBINADAS,
        INCLUYENDO"
4760 PRINT
4770 PRINT "          1. LOCALIZACION DE EL CENTROIDE"
4780 PRINT "          2. AREA TOTAL"
4790 PRINT "          3. MOMENTO DE INERCIA ALREDEDOR DE
        EJES DE REFERENCIA"
4800 PRINT "          4. ANGULO ENTRE LOS EJES DE
        REFERENCIA Y PRINCIPAL"
4810 PRINT "          5. MOMENTOS DE INERCIA PRINCIPALES"
4820 PRINT "          6. MODULO DE LA SECCION"
4830 PRINT "          7. RADIO DE GIRO"
4840 GOSUB 5400
4850 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 6,0 ELSE COLOR 6,12
4860 FOR I = 1 TO 80
4870 PRINT "_";
4880 NEXT I
4890 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 7,0 ELSE COLOR 7,12
4900 PRINT
491.0 PRINT "          LAS REGLAS ABAJO DADAS DEBERAN SER
        RECORDADAS CUAN"
4920 PRINT "          DO INGRESE  LOS DATOS DE CADA AREA:"
4930 PRINT
4940 PRINT "          1. LONGITUD: ES EL LADO MAS LARGO
        DE EL RECTANGULO"
4950 PRINT "          2. ANCHO: ES EL LADO MAS CORTO DE
        EL RECTANGULO"
4960 PRINT "          3. COLOCAR UN SISTEMA COORDENADO DE
        REFERENCIA PARA"
4970 PRINT "          LOCALIZAR EL CENTROIDE DE CADA
        AREA"
4980 PRINT "          4. USAR EL EJE POSITIVO-X y EL LADO
        MAS LARGO DE EL"
4990 PRINT "          AREA PARA DEFINIR EL ANGULO
        ENTRE EL AREA y EL "
5000 PRINT "          EJE-X, POSITIVO CONTRARIO AL
        MOVIMIENTO DE LAS MA"
5010 PRINT "          NECILLAS DEL RELOJ, MEDIDO DESDE
        EL EJE-X"
5020 GOSUB 5400
5030 RETURN
5040 '---- - __ECHO OF INPUT DATA-----
5050 SCREEN 0:IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 7,0 ELSE COLOR
7,9
5060 CLS:PRINT:PRINT
5070 PRINT TAB(10) "AREA £" TAB(20) "LONGITUD" TAB(30)
        "ANCHO" TAB(40) "COORDENADA DE EL" TAB(60) "ANGULO
        CON"
5080 PRINT TAB(44) "CENTROIDE" TAB(62) "EJE-X"
5090 PRINT TAB(21) "(in)" TAB(30) "(in)" TAB(62) "(deg)"
5100 PRINT

```

```

5110 FOR I = 1 TO NA
5120 PRINT TAB(12) I;
5130 PRINT TAB(20);:PRINT USING "fff.ff";L(I);
5140 PRINT TAB(29);:PRINT USING "fff.ff";W(I);
5150 PRINT TAB(40);:PRINT USING "(fff.ff, ";CNTRD(I,1);
5160 PRINT USING "fff.ff";CNTRD(I,2);
5170 PRINT TAB(62);:PRINT USING "fff.ff";ANGLE(I)
5180 NEXT I
5190 PRINT:PRINT:PRINT
5200 PRINT " SON ESTOS DATOS CORRECTOS? (y/n)";
5210 INPUT ANS$
5220 IF ANS$ = "y" OR ANS$ = "Y" THEN RETURN
5230 CHANGED = 1
5240 CLS
5250 IF NA = 1 THEN K = 1:GOTO 5290
5260 PRINT:PRINT
5270 PRINT "          CUAL AREA DESEA USTED CAMBIAR? ";
5280 INPUT K
5290 PRINT:PRINT
5300 INPUT "      INGRESE LONGITUD : ",L(K)
5310 PRINT
5320 INPUT "      INGRESE ANCHO   : ",W(K)
5330 PRINT
5340 INPUT "      INGRESE LA COORDENADA-X DE EL CENTROIDE:
      ",CNTRD(K,1)
5350 INPUT "      INGRESE LA COORDENADA-Y DE EL CENTROIDE:
      ",CNTRD(K,2)
5360 PRINT
5370 INPUT "      INGRESE EL ANGULO ENTRE EL AREA y EL EJE X
      : ",ANGLE(K)
5380 GOTO 5050
5390 RETURN
5400 A$ = INKEY$:IF A$ = "" THEN GOTO 5400
5410 RETURN
5420 '
5430 SCREEN 0:WIDTH 80:COLOR 12,0:CLS
5440 LOCATE 10,5:PRINT "QUE TIPO DE MONITOR ESTA USRNDO:"
5450 PRINT
5460 PRINT "          1. RGB MONITOR A COLOR"
5470 PRINT
5480 PRINT "          2. MONITOR MONOCROMATICO"
5490 PRINT
5500 INPUT "      ==> ",MONTYPE
5510 RETURN
5520 '
5530 '
5540 '
5550 '
5560 SCREEN 0
5570 IF MONTYPE = 2 THEN COLOR 10,0 ELSE COLOR 10,1
5580 CLS
5590 LOCATE 10,5:PRINT "DESEA IMPRIMIR SU NOMBRE SOBRE EL
      GRAFICO? (y/n)";

```

```

5600 INPUT ANS$
5610 IF ANS$ <> "y" FIND ANS$ <> "Y" THEN USER$ = " ":GOTO
5650
5620 LOCATE 13,5:PRINT "POR FAVOR INGRESE SU NOMBRE
(MFIXIMO 10 CARACTERES):"
5630 PRINT :INPUT "====> ",USER%
5640 IF LEN(USER$) > 10 THEN PRINT :PRINT "      length too
long!" :GOTO 5630
5650 RETURN
5660 SCREEN 2
5670 CLS
5680 WINDOW SCREEN (0,0)-(639,199)
5690 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
5700 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
5710 LINE (5,24)-(633,173),1,B
5720 LINE (5,74)-(633,74),1
5730 LINE (5,124)-(633,124),1
5740 LINE (162,24)-(162,173),1
5750 LINE (319,24)-(319,173),1
5760 LINE (476,24)-(476,173),1
5770 LOCATE 2,28: PRINT"TIPOS DE CONEXIONES SOLDFIDFIS"
5780 LINE (80,45)-(87,70),1,BF
5790 LOCATE 5,9: PRINT"TIPO A"
5800 LINE (212,45)-(219,70),1,BF
5810 LOCATE 5,28: PRINT"TIPO B"
5820 LINE (262,45)-(269,70),1,BF
5830 LINE (354,45)-(441,49),1,BF
5840 LINE (354,63)-(441,67),1,BF
5850 LINE (511,45)-(598,49),1,BF
5860 LINE (511,45)-(518,70),1,BF
5870 LINE (40,90)-(127,94),1,BF
5880 LINE (40,90)-(47,120),1,BF
5890 LINE (40,116)-(127,120),1,BF
5900 LINE (197,90)-(284,94),1,BF
5910 LINE (197,90)-(204,120),1,BF
5920 LINE (277,90)-(284,120),1,BF
5930 LINE (354,90)-(441,120),1,BF
5940 LINE (361,93)-(434,117),0,BF
5950 LINE (534,90)-(574,120),1,BF
5960 LINE (541,93)-(567,118),0,BF
5970 LINE (40,140)-(127,143),1,BF
5980 LINE (65,144)-(72,170),1,BF
5990 LINE (88,144)-(95,170),1,BF
6000 LINE (197,140)-(284,143),1,BF
6010 LINE (197,146)-(284,149),1,BF
6020 LINE (222,151)-(229,170),1,BF
6030 LINE (249,151)-(256,170),1,BF
6040 LINE (354,140)-(441,143),1,BF
6050 LINE (379,144)-(386,170),1,BF
6060 LINE (409,144)-(416,170),1,BF
6070 LINE (354,168)-(441,170),1,BF
6080 LINE (511,140)-(598,142),1,BF
6090 LINE (511,145)-(598,147),1,BF

```

```

6100 LINE (511,168)-(598,170),1,BF
6110 LINE (511,163)-(598,165),1,BF
6120 LINE (536,147)-(543,163),1,BF
6130 LINE (559,147)-(566,163),1,BF
6140 LOCATE 5,48: PRINT"TIPO C"
6150 LOCATE 5,67: PRINT"TIPO D"
6160 LOCATE 11,9: PRINT"TIPO E"
6170 LOCATE 11,28: PRINT "TIPO F"
6180 LOCATE 11,48: PRINT "TIPO G"
6190 LOCATE 11,67: PRINT "TIPO H"
6200 LOCATE 17,9: PRINT"TIPO I"
6210 LOCATE 17,28: PRINT"TIPO J"
6220 LOCATE 17,48: PRINT"TIPO K"
6230 LOCATE 17,67: PRINT"TIPO L"
6240 LOCATE 23,30:PRINT"DIGITE EL TIPO DESEADO ==>"
6250 LOCATE 23,56:OP$=INPUT$(1)
6260 IF OP$="" THEN GOTO 6250
6270 IF OP$="A" OR OP$="a" THEN NA=1:GOTO 6420
6280 IF OP$="B" OR OP$="b" THEN NA=2 :GOTO 6540
6290 IF OP$="C" OR OP$="c" THEN NA=2:GOTO 6680
6300 IF OP$="D" OR OP$="d" THEN NA=2:GOTO 6820
6310 IF OP$="E" OR OP$="e" THEN NA=3:GOTO 6960
6320 IF OP$="F" OR OP$="f" THEN NA=3:GOTO 7120
6330 IF OP$="G" OR OP$="g" THEN NA=4:GOTO 7280
6340 IF OP$="H" OR OP$="h" THEN NA=4:GOTO 7460
6350 LINE(200,50)-(200,130),1
6360 LOCATE 12,15 :PR INT"L"
6370 IF OP$="I" OR OP$="i" THEN NA=3:GOTO 7640
6380 IF OP$="J" OR OP$="j" THEN NA=4:GOTO 7800
6390 IF OP$="K" OR OP$="k" THEN NA=4:GOTO 7980
6400 IF OP$="L" OR OP$="l" THEN NA=6:GOTO 8160
6410 GOTO 5670
6420 CLS
6430 LINE(0,0)-(639,199),1,BF
6440 LINE(3,3)-(636,196),0,BF
6450 LINE(315,50)-(335,130),1,BF
6460 LINE(325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
6470 LINE (325,30)-(328,33),1
6480 LOCATE 4,42 :PR INT "y"
6490 LINE(260,90)-(380,90),1:LINE (380,90)-(376,94),1
6500 LINE (380,90)-(376,86),1
6510 LOCATE 12,50:PRINT "x" :A$=INPUT$(1)
6520 LOCATE 10,38:PRINT "A1"
6530 GOTO 8370
6540 CLS
6550 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
6560 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
6570 LINE (265,50)-(285,130),1,BF
6580 LINE (365,50)-(385,130),1,BF
6590 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
6600 LINE (325,30)-(328,33),1
6610 LOCATE 4,42: PRINT "y"
6620 LOCATE 10,38:PRINT "A1"

```

```
6630 LOCATE 10,44:PRINT "A2"
6640 LINE (250,90)-(400,90),1:LINE (400,90)-(396,94),1
6650 LINE (400,90)-(396,86),1
6660 LOCATE 12,54:PRINT "x":A$=INPUT$(1)
6670 GOTO 8370
6680 CLS
6690 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
6700 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
6710 LINE (245,50)-(405,58),1,BF
6720 LINE (245,122)-(405,130),1,BF
6730 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
6740 LINE (325,30)-(328,33),1
6750 LOCFSTE 4,42: PRINT "y"
6760 LINE (230,90)-(420,90),1:LINE (420,90)-(416,94),1
6770 LINE (420,90)-(416,86),1
6780 LOCATE 6,42:PRINT "A1"
6790 LOCATE 15,42: PRINT "A2"
6800 LOCATE 12,56:PRINT "x":A$=INPUT$(1)
6810 GOTO 8370
6820 CLS
6830 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
6840 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
6850 LINE (245,50)-(395,56),1,BF
6860 LINE (245,50)-(265,130),1,BF
6870 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
6880 LINE (325,30)-(328,33),1
6890 LOCATE 4,42: PRINT "y"
6900 LOCATE 10,36:PRINT "A1"
6910 LOCATE 6,42:PRINT "A2"
6920 LINE (230,90)-(420,90),1:LINE (420,90)-(416,94),1
6930 LINE (420,90)-(416,86),1
6940 LOCATE 12,56:PRINT "x":A$=INPUT$(1)
6950 GOTO 8370
6960 CLS
6970 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
6980 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
6990 LINE (245,50)-(405,56),1,BF
7000 LINE (245,50)-(265,130),1,BF
7010 LINE (245,124)-(405,130),1,BF
7020 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
7030 LINE (325,30)-(328,33),1
7040 LOCATE 6,42:PRINT "A1"
7050 LOCFSTE 15,42:PRINT "A3"
7060 LOCATE 10,36:PRINT "A2"
7070 LOCATE 4,42: PRINT "y"
7080 LINE (230,90)-(420,90),1:LINE (420,90)-(416,94),1
7090 LINE (420,90)-(416,86),1
7100 LOCATE 12,56:PRINT "x":A$=INPUT$(1)
7110 GOTO 8370
7120 CLS
7130 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
7140 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
7150 LINE (245,50)-(405,56),1,BF
```

```
7160 LINE (245,50)-(265,130),1,BF
7170 LINE (385,50)-(405,130),1,BF
7180 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
7190 LINE (325,30)-(328,33),1
7200 LOCATE 4,42: PRINT "y"
7210 LOCATE 11,36:PRINT"A1"
7220 LOCATE 11,46:PRINT"A2"
7230 LOCATE 6,42:PRINT "A3"
7240 LINE (230,90)-(420,90),1:LINE(420,90)-(416,94),1
7250 LINE (420,90)-(416,86),1
7260 LOCATE 12,56:PRINT "x":A$=INPUT$(1)
7270 GOTO 8370
7280 CLS
7290 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
7300 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
7310 LINE (245,70)-(405,76),1,BF
7320 LINE (245,104)-(405,110),1,BF
7330 LINE (245,76)-(265,104),1,BF
7340 LINE (385,76)-(405,104),1,BF
7350 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
7360 LINE (325,30)-(328,33),1
7370 LOCATE 4,42: PRINT "y"
7380 LOCATE 8,42:PRINT"A1"
7390 LOCATE 15,42:PRINT"A3"
7400 LOCATE 11,36:PRINT"A2"
7410 LOCATE 11,46:PRINT"A4"
7420 LINE (230,90)-(420,90),1:LINE (420,90)-(416,94),1
7430 LINE (420,90)-(416,86),1
7440 LOCATE 12,56:PRINT "x"
7450 GOTO 8370
7460 CLS
7470 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
7480 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
7490 LINE (275,50)-(375,56),1,BF
7500 LINE (275,124)-(375,130),1,BF
7510 LINE (275,56)-(295,124),1,BF
7520 LINE (355,56)-(375,124),1,BF
7530 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
7540 LINE (325,30)-(328,33),1
7550 LOCATE 4,42: PRINT "y"
7560 LOCATE 6,42:PRINT"A1"
7570 LOCATE 15,42:PRINT"A3"
7580 LOCATE 11,33:PRINT"A2"
7590 LOCATE 11,49:PRINT"A4"
7600 LINE (230,90)-(420,90),1:LINE (420,90)-(416,94),1
7610 LINE (420,90)-(416,86),1
7620 LOCATE 12,56:PRINT "x"
7630 GOTO 8370
7640 CLS
7650 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
7660 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
7670 LINE (245,50)-(405,56),1,BF
7680 LINE (265,56)-(285,130),1,BF
```

```

7690 LINE (365,56)-(385,130),1,BF
7700 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
7710 LINE (325,30)-(328,33),1
7720 LOCATE 4,42: PRINT "y"
7730 LOCATE 11,31:PRINT "A2"
7740 LOCATE 11,50:PRINT "A3"
7750 LOCATE 6,42:PRINT "A1"
7760 LINE (230,90)-(420,90),1:LINE (420,90)-(416,94),1
7770 LINE (420,90)-(416,86),1
7780 LOCATE 12,56:PRINT"x"
7790 GOTO 8370
7800 CLS
7810 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
7820 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
7830 LINE (245,50)-(405,56),1,BF
7840 LINE (245,62)-(405,68),1,BF
7850 LINE (265,68)-(285,130),1,BF
7860 LINE (365,68)-(385,130),1,BF
7870 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
7880 LINE (325,30)-(328,33),1
7890 LOCATE 4,42: PRINT "y"
7900 LINE (230,90)-(420,90),1:LINE (420,90)-(416,94),1
7910 LINE (420,90)-(416,86),1
7920 LOCATE 12,56:PRINT "x"
7930 LOCATE 11,31:PRINT "A2"
7940 LOCATE 11,50:PRINT "A3"
7950 LOCATE 7,29:PRINT "A1"
7960 LOCATE 9,29:PRINT "A4"
7970 GOTO 8370
7980 CLS
7990 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
8000 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
8010 LINE (245,50)-(405,56),1,BF
8020 LINE (245,124)-(405,130),1,BF
8030 LINE (265,56)-(285,124),1,BF
8040 LINE (365,56)-(385,124),1,BF
8050 LOCATE 11,31:PRINT "A2"
8060 LOCATE 11,50:PRINT "A3"
8070 LOCATE 6,42:PRINT "A1"
8080 LOCATE 15,42:PRINT "A4"
8090 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
8100 LINE (325,30)-(328,33),1
8110 LOCATE 4,42: PRINT "y"
8120 LINE (230,90)-(420,90),1:LINE (420,90)-(416,96),1
8130 LINE (420,90)-(416,86),1
8140 LOCATE 12,56:PRINT "x"
8150 GOTO 8370
8160 CLS
8170 LINE (0,0)-(639,199),1,BF
8180 LINE (3,3)-(636,196),0,BF
8190 LINE (245,50)-(405,56),1,BF
8200 LINE (245,62)-(405,68),1,BF
8210 LINE (245,124)-(405,130),1,BF

```

```

8220 LINE (245,112)-(405,118),1,BF
8230 LINE (265,68)-(285,112),1,BF
8240 LINE (365,68)-(385,112),1,BF
8250 LINE (325,30)-(325,150),1:LINE (325,30)-(322,33),1
8260 LINE (325,30)-(328,33),1
8270 LOCATE 4,42: PRINT "y"
8280 LOCATE 7,29:PRINT "A1"
8290 LOCATE 9,29:PRINT "A2"
8300 LOCATE 11,31:PRINT "A3"
8310 LOCATE 11,50:PRINT "A4"
8320 LOCATE 15,29:PRINT "A5"
8330 LOCATE 17,29:PRINT "A6"
8340 LINE (230,90)-(420,90),1:LINE (420,90)-(416,96),1
8350 LINE (420,90)-(416,86),1
8360 LOCATE 12,56:PRINT "x"
8370 LOCATE 10,54:PRINT "No AREAS = ";NA
8380 'BEEP : COLOR 4
8390 FOR K=1 TO NA
8400 LOCATE 18,3
8410 PRINT "INGRESE LONGITUD DE AREA No ." ;K;" (in)===>
"
8420 I=60:X=18
8430 GOSUB 8690
8440 L(K)=VAL(B$):I=60:X=19
8450 LOCATE 19,3 :PRINT "INGRESE EL ANCHO DE AREA No
,";K;" (in)===> "
8460 GOSUB 8690
8470 W(K)=VAL(B$)
8480 AREA(K)=L(K)*W(K)
8490 I=60:X=20:LOCATE 20,3
8500 PRINT "INGRESE LA COORDENADA-X DE EL CENTROIDE DE
AREA ";K;"==>"
8510 GOSUB 8690
8520 CNTRD(K,1)=VAL(B$)
8530 I=60:X=21:LOCATE 21,3
8540 PRINT "INGRESE LA COORDENADA-Y DE EL CENTROIDE DE
AREA ";K;"==>"
8550 GOSUB 8690
8560 CNTRD(K,2)=VAL(B$)
8570 I=60:X=22:LOCATE 22,3
8580 PRINT "INGRESE EL ANGULO ENTRE EL AREA Y EL EJE -X
(DEG) ==>"
8590 BEEP:GOSUB 8690
8600 ANGLE(K)=VAL(B$)
8610 FOR F=18 TO 23
8620 FOR J=3 TO 79
8630 LOCATE F,J:PRINT " "
8640 NEXT J
8650 NEXT F
8660 NEXT K
8670 GOSUB 5040
8680 RETURN
8690 BAND=0:B$="":H=I

```

```

8700 A$=INKEY$:IF A$="" THEN GOTO 8700
8710 IF (A$=CHR$(8)) THEN GOTO 8720 ELSE GOTO 8790
8720 I=I-1:V=LEN(B$):IF (I=H-1) THEN I=H
8730 IF I=H THEN BAND=0
8740 LOCATE X,I:PRINT " "
8750 IF V>=1 THEN GOTO 8760 ELSE GOTO 8780
8760 IF (MID%(B$,V,V)=".")THEN BAND=0
8770 V=V-1:B$=LEFT$(B$,V)
8780 GOTO 8700
8790 IF A%<> CHR$(13) THEN GOTO 8800 ELSE GOTO 8860
8800 IF((A$=".")AND(BAND=1)) THEN GOTO 8700
8810 IF((VAL(A$)=0)AND(A%<>".")AND (A%<> "0")AND (A%<>.-
  ")) THEN GOTO 8700
8820 B$=B$+A$:IF A$="." THEN BAND=1
8830 LOCATE X,I:PRINT A$
8840 I=I+1
8850 GOTO 8700
8860 RETURN
8870 CLS:KEY OFF
8880 COLOR 10:LOCATE 2,18:PRINT "DETERMINACION DE LA
  FUERZA SOBRE LA SOLDADURA"
8890 FOR H=18 TO 62
8900 LOCATE 3,H:PRINT"--"
8910 NEXT H
8920 LOCATE 5,10:PRINT "TIPO DE CARGA"
8930 FOR H=10 TO 24:LOCATE 6,H:PRINT"--":NEXT H
8940 LOCATE 5,50:PRINT "FUERZA SOBRE LA SOLDADURA"
8950 FOR H=50 TO 75:LOCATE 6,H:PRINT"--":NEXT H
8960 LOCATE 8,7:PRINT "1.- TENSION O COMPRESION"
8970 LOCATE 10,7:PRINT "2.- CORTANTE "
8980 LOCATE 12,7:PRINT "3.- FLEXION "
8990 LOCATE 14,7:PRINT "4.- TORSION "
9000 LOCATE 16,7:PRINT "5.- CORTANTE HORIZONTAL "
9010 LOCATE 18,7:PRINT "6.- TORSION CORTANTE HORIZONTAL"
9020 LOCATE 8,60:PRINT"f = P/Aw"
9030 LOCATE 10,60:PRINT"f = V/Aw "
9040 LOCATE 12,60:PRINT"f = M/Sw "
9050 LOCATE 14,60:PRINT "f = T*c/Jw"
9060 LOCATE 16,60:PRINT "f = V*A*c/In"
9070 LOCATE 18,60:PRINT "f = T/(2*A)"
9080 LOCATE 22,20:PRINT "INGRESE EL TIPO DE CARGA ==> "
9090 LOCATE 22,50:INPUT OP
9100 IF OP=1 THEN GOSUB 9340
9110 IF OP=2 THEN GOSUB 9420
9120 IF OP=3 THEN GOSUB 9510
9130 IF OP=4 THEN GOSUB 9590
9140 IF OP=5 THEN GOSUB 9670
9150 IF OP=6 THEN GOSUB 9770
9160 IF OP<= 0 OR OP > 6 THEN GOTO 8870
9170 CLS:LOCATE 5,20:INPUT"EXISTE OTRO ESFUERZO (Y/N)
  ==>",A$
9180 IF A$="Y" OR A$="y" THEN GOTO 8870
9190 CLS

```

```

9200 LOCATE 7,10:PRINT "SUMATORIO DE FUERZAS EN EJE-X
==>",FX
9210 LOCATE 9,10:PRINT "SUMATORIO DE FUERZAS EN EJE-Y
==>",FY
9220 FTOTAL =SQR(FX^2+FY^2)
9230 A$=INKEY$: IF A$="" THEN 9230
9240 GOSUB 9860
9250 CLS
9260 LOCATE 4,10
9270 INPUT "                INGRESE EL LIMITE DE ESFUERZO
==>'",F
9280 W=FTOTAL/F
9290 CLS
9300 LOCATE 10,10:PRINT"EL ESFUERZO RESULTANTE ES ==>
",FTOTAL," (1b/in^2)"
9310 LOCATE 14,10:PRINT"EL TAMAÑO DE SOLDADURA ES ==>
",W,"(in)"
9320 A$=INKEY$: IF A$="" THEN 9320
9330 RETURN
9340 CLS
9350 LOCATE 3,20:PRINT"CALCULO DE ESFUERZOS DE TENSION O
COMPRESION"
9360 LOCATE 5,20:INPUT "INGRESE LA CARGA Px ==> ",PX
9370 LOCATE 6,20:INPUT "INGRESE LA CARGA Py ==> ",PY
9380 LOCATE 9,20:INPUT "ESTA CORRECTO (Y/N)",A$
9390 IF A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 9340
9400 FX=FX+PX/SA:FY=FY+PY/SA
9410 RETURN
9420 CLS:LOCATE 3,25:PRINT"CALCULO DE ESFUERZOS
CORTANTES"
9430 LOCATE 5,20:INPUT"INGRESE LA CARGA PX ==>",PX
9440 LOCATE 6,20:INPUT"INGRESE LA CARGA PY ==>",PY
9450 LOCATE 8,20:PRINT"EL VALOR DE VY ES ==>",PY/2
9460 LOCATE 9,20:PRINT"EL VALOR DE VX ES ==>",PX/2
9470 LOCATE 12,20:INPUT"ESTA CORRECTO (Y/N)",A$
9480 IF A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 9420
9490 VX=PX/2:FX=FX+VX/SA:VY=PY/2:FY=FY+VY/SA
9500 RETURN
9510 CLS
9520 LOCATE 3,20:PRINT "CALCULO DE ESFUERZOS POR FLEXION
"
9530 LOCATE 5,20:INPUT"INGRESE EL MOMENTO Mx ==> ",MX
9540 LOCATE 7,20:INPUT"INGRESE EL MOMENTO My ==> ",MY
9550 LOCATE 11,20:INPUT"ESTA CORRECTO (Y/N) ",A$
9560 IF A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 9510
9570 FX=FX+MX/SX:FY=FY+MY/SY
9580 RETURN
9590 CLS
9600 LOCATE 3,20:PRINT"CALCULO DE ESFUERZOS POR TORSION"
9610 LOCATE 5,20:INPUT"INGRESE EL TORQUE Tx ==> ",TX
9620 LOCATE 7,20:INPUT"INGRESE EL TORQUE Ty ==> ",TY
9630 LOCATE 9,20:INPUT"ESTA CORRECTO (Y/N)",A$
9640 IF A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 9590

```

```

9650 FX=FX+(TX*XMAX)/(IXX+IYY):FY=FY+(TY*YMAX)/(IXX+IYY)
9660 RE 1UKN
9670 CLS
9680 LOCATE 3,20:PRINT"CALCULO DEL ESFUERZO CORTANTE
      HORIZONTAL"
9690 LOCATE 5,20:INPUT"INGRESE LA CARGA Px ==>",PX
9700 LOCATE 7,20:INPUT"INGRESE LA DISTANCIA d ==>",D
9710 LOCATE 9,20:INPUT"INGRESE EL VALOR N ==>",N
9720 LOCATE 11,20:INPUT "ESTA CORRECTO (Y/N)",A$
9730 IF A$="N" OR A$="n" THEN 9670
9740 LOCATE 13,20:PRINT"EL VALOR DE V ES ==>",PX/2
9750 V=PX/2:FX=FX+(V*SA*D)/(IXX*N)
9760 RETURN
9770 CLS
9780 LOCATE 3,20:PRINT"CALCULO DEL ESFUERZO TORSIONAL
      CORTANTE HORIZONTAL"
9790 LOCATE 5,20:INPUT"INGRESE EL TORQUE TX ==>",TX
9800 LOCATE 7,20:INPUT"INGRESE EL TORQUE TY ==>",TY
9810 LOCATE 9,20:INPUT "ESTA CORRECTO (Y/N) ",A$
9820 IF A$="N" OR A$="n" THEN GOTO 9770
9830 FX=FX+TX/(2*SA):FY=FY+TY/(2*SA)
9840 RETURN
9850
9860 CLS
9870 SCREEN 2,10:WINDOW SCREEN (0,0)-(639,199)
9880 LINE (0,0)-(639,0),10
9890 LINE (639,0)-(639,199),10
9900 LINE (639,199)-(0,199),10
9910 LINE (0,199)-(0,0),10
9920 LINE (0,16)-(639,16),10
9930 LOCATE 2,20:PRINT" LIMITES PARA SOLDADURAS EN
      CONSTRUCCIONES "
9940 LINE (0,32)-(639,32),10
9950 LINE (256,48)-(512,48),10
9960 LINE (0,64)-(639,64),10
9970 LINE (256,80)-(512,80),10
9980 LINE (256,96)-(512,96),10
9990 LINE (256,112)-(639,112),10
10000 LINE (256,128)-(512,128),10
10010 LINE (0,144)-(639,144),10
10020 LINE (0,170)-(639,170),10
10030 LINE (128,16)-(128,170),10
10040 LINE(256,16)-(256,170),10
10050 LINE(384,16)-(384,144),10
10060 LINE(512,16)-(512,144),10
10070 LOCATE 4,2:PRINT"TIPO SOLDADURA"
10080 LOCATE 4,22:PRINT"ESFUERZO"
10090 LOCATE 4,36:PRINT"TIPO ACEROS"
10100 LOCATE 4,52:PRINT"ELECTRODOS"
10110 LOCATE 4,70:PRINT"LIMITE "
10120 LOCATE 6,4:PRINT"COMPLETA"
10130 LOCATE 6,22:PRINT"TENSION"
10140 LOCATE 6,36:PRINT"A7,A36,A373"

```

```

10150 LOCATE 6,52:PRINT"E60 O SAW-1"
10160 LOCATE 14,29:PRINT "A5"
10170 LOCATE 7,3:PRINT"PENETRACION"
10180 LOCATE 7,20:PRINT"COMPRESION"
10190 LOCATE 8,4:PRINT"SOLDADURA"
10200 LOCATE 8,21:PRINT"CORTANTE"
10210 LOCATE 8,37:PRINT"A441,A242"
10220 LOCATE 8,52:PRINT"E70 O SAW-2"
10230 LOCATE 10,36:PRINT"A7,A36,A373"
10240 LOCATE 10,52:PRINT"E60 O SAW-1"
10250 LOCATE 12,37 :PRINT"A441,A242"
10260 LOCATE 12,51:PRINT"E60LH O SAW-2"
10270 LOCATE 13,18:PRINT"CORTANTE SOBRE"
10280 LOCATE 13,4:PRINT"SOLDADURA"
10290 LOCATE 14,20:PRINT"GARGANTA"
10300 LOCATE 14,38:PRINT"A7,A373"
10310 LOCATE 14,52:PRINT"E70 O SAW-2"
10320 LOCATE 14,6:PRINT"CON"
10330 LOCATE 15,5:PRINT"FILETE"
10340 LOCATE 15,20:PRINT"EFFECTIVA"
10350 LOCATE 16,40:PRINT"A36"
10360 LOCATE 16,52:PRINT"E70 O SAW-2"
10370 LOCATE 18,37:PRINT"A441,A242"
10380 LOCATE 18,51:PRINT"E70LH O SAW-2"
10390 LOCATE 21,2:PRINT"TAPON Y CANAL"
10400 LOCATE 20,18:PRINT"CORTANTE SOBRE"
10410 LOCATE 21,18:PRINT"AREA EFFECTIVA"
10420 LOCATE 12,68:PRINT"F = 9600*W"
10430 LOCATE 17,68:PRINT"F = 11200*W"
10440 LOCATE 21,36:PRINT"LO MISMO QUE EN SOLDADURA DE
F ■ETE"
10450 LOCATE 23,6:PRINT "PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA
CONT ■UAR"
10460 F$=INKEY$:IF F$ ="" THEN 10460
10470 CLS
10480 SCREEN 2,10:WINDOW SCREEN (0,0)-(639,199)
10490 LINE (0,0)-(639,0),10
10500 LINE (639,0)-(639,199),10
10510 LINE (639,199)-(0,199),10
10520 LINE (0,199)-(0,0),10
10530 LINE (0,16)-(639,16),10
10540 LOCATE 2,23:PRINT"LIMITE PARA SOLDADURAS EN
PUENTES"
10550 LINE (0,32)-(639,32),10
10560 LINE (256,48)-(512,48),10
10570 LINE (256,64)-(512,64),10
10580 LINE (256,80)-(512,80),10
10590 LINE (0,96)-(639,96),10
10600 LINE (256,112)-(512,112),10
10610 LINE (256,128)-(512,128),10
10620 LINE (256,144)-(639,144),10
10630 LINE (0,160)-(639,160),10
10640 LINE (128,16)-(128,160),10

```

```
10650 LINE (256,16)-(256,160),10
10660 LINE (384,16)-(384,160),10
10670 LINE (512,16)-(512,160),10
10680 LOCATE 4,2:PRINT"TIPO SOLDADURA"
10690 LOCATE 8,5:PRINT"COMPLETA"
10700 LOCATE 9,4:PRINT"PENETRACION"
10710 LOCATE 10,5:PRINT"SOLDADURA"
10720 LOCATE 16,5:PRINT"SOLDADURA"
10730 LOCATE 17,7:PRINT"CON"
10740 LOCATE 18,6:PRINT"FILETE"
10750 LOCATE 4,22:PRINT"ESFUERZO"
10760 LOCATE 16,18:PRINT"CORTANTE SOBRE"
10770 LOCATE 17,20:PRINT"GARGANTA"
10780 LOCATE 18,20:PRINT"EFECTIVA"
10790 LOCATE 8,22:PRINT"TENSION"
10800 LOCATE 9,20:PRINT"COMPRESION"
10810 LOCATE 10,21:PRINT"CORTANTE"
10820 LOCATE 4,36:PRINT"TIPO ACEROS"
10830 LOCATE 6,37:PRINT"A7,A373"
10840 LOCATE 8,36:PRINT"A36<=1 IN"
10850 LOCATE 10,36:PRINT"A36>1 IN"
10860 LOCATE 12,36:PRINT"A441,A242"
10870 LOCATE 14,37:PRINT"A7,A373"
10880 LOCATE 16,36:PRINT"A36<=1 IN"
10890 LOCATE 18,36:PRINT"A36>1 IN"
10900 LOCATE 16,68:PRINT"F = 8800*W"
10910 LOCATE 20,36:PRINT"A441,A242"
10920 LOCATE 20,68:PRINT"F = 10400*W"
10930 LOCATE 4,52:PRINT"ELECTRODOS"
10940 LOCATE 6,52:PRINT"E60 SAW-1"
10950 LOCATE 8,52:PRINT"E60 SAW-1"
10960 LOCATE 10,51:PRINT"E60LH SAW-1"
10970 LOCATE 12,51:PRINT"E70LH SAW-2"
10980 LOCATE 14,52:PRINT"E60 SAW-1"
10990 LOCATE 16,52:PRINT"E60 SAW-1"
11000 LOCATE 18,51:PRINT"E60LH SAW-1"
11010 LOCATE 20,51:PRINT"E70LH SAW-2"
11020 LOCATE 4,70:PRINT"LIMITE"
11030 LOCATE 22,6:PRINT"PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA
CONTINUAR"
11040 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 11040
11050 SCREEN 0
11060 LOCATE 4,10
11070 INPUT"DESEA VER NUEVAMENTE LOS LIMITES DE ESFUERZO
(Y/N)",A9
11080 IF A$="Y" OR A$="y" THEN 9860
11090 RETURN
```

BIBLIOGRAFIA

- 1.- COMPUTER AIDED WELDING DESIGN, by Oussama Jammel/
Che Ming Lee. Department of Welding Engineering
The Ohio State University - 1986.
- 2.- DESIGN OF WELDED STRUCTURES, by Omer W. Blodgett
The James F. Lincoln Arc Welding Foundation -
June 1966.
- 3.- RESISTENCIA DE MATERIALES, por Ferdinand L.
Singer/ Andrew Pytel - Editorial Harla - Tercera
Edición.
- 4.- MANUAL DE CONSTRUCCION EN ACERO (AISC)
Facultad de Ingenieria Mecanica - ESPOL - 1990.
- 5.- DESIGN OF WELDMENTS, by Omer W. Boldgett
The James F. Lincoln Arc Welding Foundation -
May 1963.