



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

**“Programa Interactivo para la Resolución del
Problema General de Análisis Experimental
de Esfuerzos con Extensómetros de
Resistencia Eléctrica”**

PROYECTO DE GRADO

**Previo a la Obtención del Título de:
INGENIERO MECANICO**

Presentado por:

Jorge Andrés Rubio Proaño

Guayaquil - Ecuador

1989

AGRADECIMIENTO

Al Ing. Guillermo Urquiza Calderón, Director de este Proyecto de Tópico de Graduación, por su constante e invaluable ayuda.

Al Dr. Hans Peter Löhrlsén y al Ing. Eduardo Orcés, profesores de las materias complementarias al Tópico de Graduación.

A mis compañeros de Tópico y demás personas que directa e indirectamente han colaborado con la elaboración del presente trabajo.

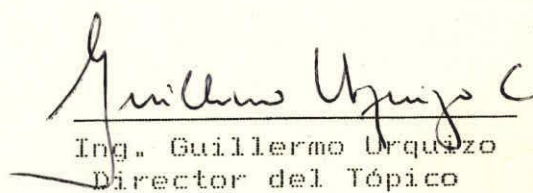
DEDICATORIA

A MIS PADRES

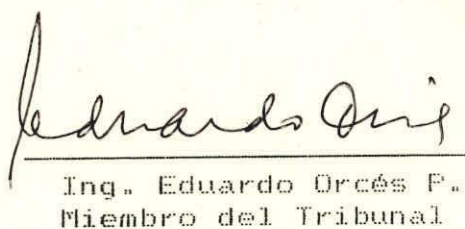
A MI HERMANA



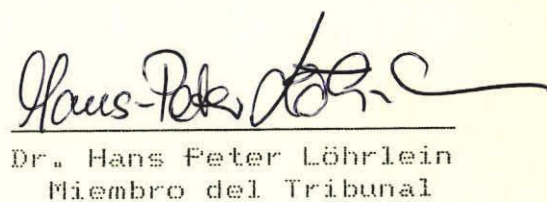
Ing. Nelson Cevallos B.
Decano FIM



Ing. Guillermo Urquiza C.
Director del Tópico



Ing. Eduardo Orcés P.
Miembro del Tribunal



Dr. Hans Peter Löhrlein
Miembro del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este Proyecto de Grado, me corresponden exclusivamente ; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral ".

(Reglamento de Tópico de Graduación).



JORGE ANDRES RUBIO PROANO

RESUMEN

Este programa computacional escrito en BASIC para una computadora IBM y para una Commodore 128 permite al usuario procesar los datos adquiridos al hacer análisis experimental de esfuerzos con extensómetros simples o rosetas de deformación.

Los datos de deformación de los extensómetros individuales o de los extensómetros de las rosetas y las propiedades del material son ingresados a la computadora y ésta nos mostrará resultados de deformaciones del material en las direcciones de los extensómetros considerando la sensibilidad transversal de los mismos, el estado de deformaciones cartesiano y principal, los esfuerzos cartesianos y principales, y el factor de seguridad real para falla estática con el que se encuentra trabajando el material aplicando una teoría de falla apropiada si el material es frágil o dúctil.

Además se incluyen los gráficos del círculo de Mohr para esfuerzos y de las teorías de falla ubicando el lugar del estado de esfuerzos.

Es un programa explícito y detallado que intenta evitar cualquier tipo de confusiones al ingresar los datos o al evaluar los resultados. Cuenta con una gran cantidad de gráficos explicativos y mensajes que advierten cuando se ha incurrido en algún error absurdo al ingresar los datos.

Por otro lado el programa está diseñado de tal forma que no es necesario conocer nada acerca de programación y manejo de computadoras. Claro está que se debe tener un previo conocimiento de mecánica de sólidos y el análisis experimental de esfuerzos con extensómetros de resistencia eléctrica para así poder entender cuales son los datos requeridos y el significado de los resultados obtenidos.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	XI
INTRODUCCION.....	13
I.- PRESENTACION E INFORMACION.....	14
1.1.- Presentación del programa.....	14
1.2.- Recomendaciones para el uso del programa....	15
1.3.- Como pegar un extensómetro o roseta de deformación.....	19
1.4.- Bibliografía.....	19
1.5.- Diagrama de flujo general del programa.....	20
1.6.- Diagrama de flujo para información.....	21
1.7.- Listado del programa para presentación e información.....	22
II.- CASOS ESPECIALES CON EXTENSOMETROS.....	29
2.1.- Torsión pura.....	31
2.2.- Flexión pura.....	33
2.3.- Tracción o compresión pura centrada.....	35
2.4.- Diagrama de flujo para casos especiales.....	38
2.5.- Listado del programa para casos especiales.	39
III.- ROSETAS DE DEFORMACION.....	45
3.1.- Sensitividad transversal.....	45

3.2.- Menú rosetas de deformación y gráficos explicativos.....	47
3.3.- Petición de datos.....	47
3.4.- Cálculos con 2 extensómetros.....	51
3.5.- Cálculos con rosetas de tres extensómetros..	52
3.6.- Cálculos con rosetas de cuatro extensómetros	56
3.7.- Cálculos de deformaciones principales.....	60
3.8.- Cálculos de estados de esfuerzos.....	60
3.9.- Teorías de falla estática.....	62
3.9.1.- Teoría de falla para materiales frágiles.....	62
3.9.2.- Teoría de falla para materiales dúctiles.....	65
3.10.- Diagrama de flujo del menú de rosetas.....	68
3.11.- Diagrama de flujo para rosetas de dos extensómetros.....	69
3.12.- Diagrama de flujo para rosetas de tres extensómetros.....	70
3.13.- Diagrama de flujo para rosetas de cuatro extensómetros.....	72
3.14.- Diagrama de flujo para calcular esfuerzos y deformaciones.....	73
3.15.- Diagrama de flujo para teorías de falla....	74
3.16.- Listado del programa para rosetas de deformación.....	75
IV.- EJEMPLO DE UTILIZACION DEL PROGRAMA.....	95

4.1.- Pantallas del ejemplo propuesto.....	95
4.2.- Resolución de otros problemas.....	106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	112
BIBLIOGRAFIA.....	116

INDICE DE FIGURAS

Nº	Descripción	Pág.
1.1	Primera Pantalla de presentación.....	16
1.2	Menú Principal.....	16
1.3	Menú Información.....	17
1.4	Primera pantalla de recomendaciones.....	17
1.5	Segunda pantalla de recomendaciones.....	18
1.6	Tercera pantalla de recomendaciones.....	18
2.1	Menú Casos especiales con extensómetros..	30
2.2	Caso de Torsión Pura.....	32
2.3	Caso de Flexión Pura.....	34
2.4	Caso de Tracción o Compresión Pura.....	36
3.1	Opción Sensitividad Transversal.....	48
3.2	Menú Rosetas de Deformación.....	48
3.3	Rosetas de Deformación.....	49
3.4	Gráfico de Falla Frágil.....	64
3.5	Gráfico de Falla Dúctil.....	66
4.1	Fotografía dibujo explicativo.....	97
4.2	Primera pantalla de datos.....	97
4.3	Segunda pantalla con error.....	98
4.4	Mensaje de error.....	98
4.5	Segunda pantalla de datos.....	99

4.6	Primera pantalla de resultados de deformación.....	99
4.7	Segunda pantalla de resultados de deformación.....	101
4.8	Pantalla de resultados de esfuerzos.....	101
4.9	Fotografía gráfico círculo de Mohr.....	102
4.10	Pantalla de datos y resultados para materiales frágiles.....	102
4.11	Fotografía del gráfico para falla frágil.....	103
4.12	Pantalla de datos y resultados de falla dúctil.....	103
4.13	Fotografía del gráfico para falla dúctil.....	104
4.14	Pantalla de opción de imprimir.....	104
4.15	Impresión de resultados.....	105
4.16	Impresión del Problema 1	107
4.17	Impresión del Problema 2	108
4.18	Impresión del Problema 3	109
4.19	Impresión del Problema 4	110
4.20	Impresión del Problema 5	111

INTRODUCCION

La velocidad y eficiencia al hacer cualquier tipo de trabajo profesional son factores determinantes para poder ser competitivos y la computación es una de las herramientas más poderosas para lograr este objetivo.

El elevado costo de los programas tecnológicos importados es una de las principales justificaciones para la elaboración de este trabajo.

Quien diseña y trabaja haciendo análisis experimental de esfuerzos utilizando extensómetros de resistencia eléctrica puede beneficiarse de este programa al procesar todos sus datos a una gran velocidad y con una alta confiabilidad de sus resultados.

El programa que se presenta a continuación puede ser sujeto a múltiples cambios y/o ampliaciones según las necesidades del usuario.

En las siguientes páginas de este informe se describe el programa explicando los fundamentos teóricos, los diagramas de flujo y los listados del mismo.

CAPITULO I

PRESENTACION E INFORMACION

El programa análisis experimental de esfuerzos escrito en Basic para una IBM y una Commodore 128 será descrito en éste y los siguientes capítulos de esta manera: Primero se efectuará una breve descripción teórica de lo que se resuelve presentando ecuaciones, gráficos y pantallas propias del programa; luego se graficarán los diagramas de flujo de la parte descrita cuya finalidad es facilitar a quien desee entender la lógica del programa, su seguimiento; y por último el listado en IBM de la sección en mención.

Un diskette con el programa para Commodore será entregado en la ESPOL para quien desee esta versión.

1.1 Presentación del programa.

Al ejecutar el programa éste empieza con una presentación en la cual aparecen los datos más importantes acerca de donde y quien diseñó el programa que se va a utilizar (Fig.1.1).

Luego aparece una segunda pantalla de presentación en la cual se muestran alguna figuras alusivas a la materia que se va a tratar.

Finalmente aparece el Menú Principal (Fig.1.2) con las tres opciones fundamentales del programa. Este menú al igual que los que suceden tiene una opción para salir del programa pulsando la letra S. Además en los menús subsiguientes aparece siempre la opción de regresar al menú anterior pulsando R.

Si se escoge la información aparecerá un menú de información (Fig.1.3). Ahora continuaremos con la descripción de las opciones que se presentan.

1.2 Recomendaciones para el uso del programa

En esta sección aparecen en tres pantallas (Figs. 1.4, 1.5 y 1.6) una serie de consejos prácticos para el mejor manejo del programa.

El conocimiento profundo de todos los detalles de la programación de este proyecto y la experiencia adquirida al probar y ejecutar cientos de veces el programa nos lleva a incluir esta sección para evitar errores en los cuales su propio autor incurrió en alguna ocasión.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

TOPICO DE GRADUACION

AUTOR : Andrés Rubio P.

DIRIGIDO POR : Ing. Guillermo Urquiza

I Término 89/90

Presione una tecla para continuar

Fig.1.1

Primera pantalla de presentación

MENU PRINCIPAL
1.-INFORMACION
2.-CASOS ESPECIALES CON STRAIN GAGES
3.-ROSETAS DE DEFORMACION
PULSE NUMERO DE OPCION DESEADA
PULSE S PARA TERMINAR

Fig.1.2

Menú Principal

MENU INFORMACION	
1.- RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL PROGRAMA 2.- COMO PEGAR UN EXTENSOMETRO O ROSETA DE DEFORMACION 3.- BIBLIOGRAFIA	
PULSE EL NUMERO DE LA OPCION DESEADA S PARA TERMINAR R MENU ANTERIOR	

Fig. 1.3

Menú Información

RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL PROGRAMA 1.- Introduzca sus datos en forma correcta y cuidadosa. Si Ud. ingresa datos equivocados absurdos como por ejemplo $F.M = 0$ o coef. de Poisson $>.5$ el programa le advertirá su equivocación y pedirá nuevos datos, pero si los datos son erróneos pero posibles Ud. recibirá resultados también erróneos. 2.- Coloque los extensómetros apropiadamente. No coloque los extensómetros de la roseta a 180 ± 5 grados entre si. Si los coloca a 180 grados esto equivale a ponerlos en una misma dirección y sus resultados no serán correctos. 3.- Se aconseja procesar los datos por más de una vez. 4.- Con 4 extensómetros los datos deben ser compatibles. Los datos deben ser siempre experimentales. Debe recordar que uno de ellos es redundante. Si inventa los datos no tendrá resultados valederos. PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR
--

Fig. 1.4

Primera pantalla de recomendaciones

5.- Use las unidades propuestas por el programa.

Ud. puede utilizar otras unidades pero debe tener mucho cuidado al interpretar las unidades de sus resultados. Es aconsejable introducir un ejercicio cuyos resultados sean conocidos para mayor seguridad.

Nota: Use siempre microunidad/unidad para lecturas de deformación

A continuación algunos ejemplos de como cambiar unidades

Módulo de elasticidad E [Giga Pa] ---> [MPsi] o [Mega kg/cm²]

Resultados de esfuerzos σ [MPa] ---> [kPsi] o [kg/cm²/1000]

Suc , Suc y Sy [MPa] ---> [kPsi] o [kg/cm²/1000]

PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR

Fig.1.5

Segunda pantalla de recomendaciones

6.- Observe cuidadosamente los gráficos explicativos.

De esta manera evitará errores al introducir sus datos o al evaluar sus resultados.

7.- Consulte la bibliografía si aún tiene dudas.

Para poder utilizar y aprovechar los beneficios de este programa se requiere de un conocimiento previo de mecánica de sólidos y del análisis experimental de esfuerzos con extensómetros de resistencia eléctrica.

ESPERAMOS HABERLO AYUDADO,GRACIAS.

PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR

Fig.1.6

Tercera pantalla de recomendaciones

1.3 Como pegar un extensómetro o roseta de deformación

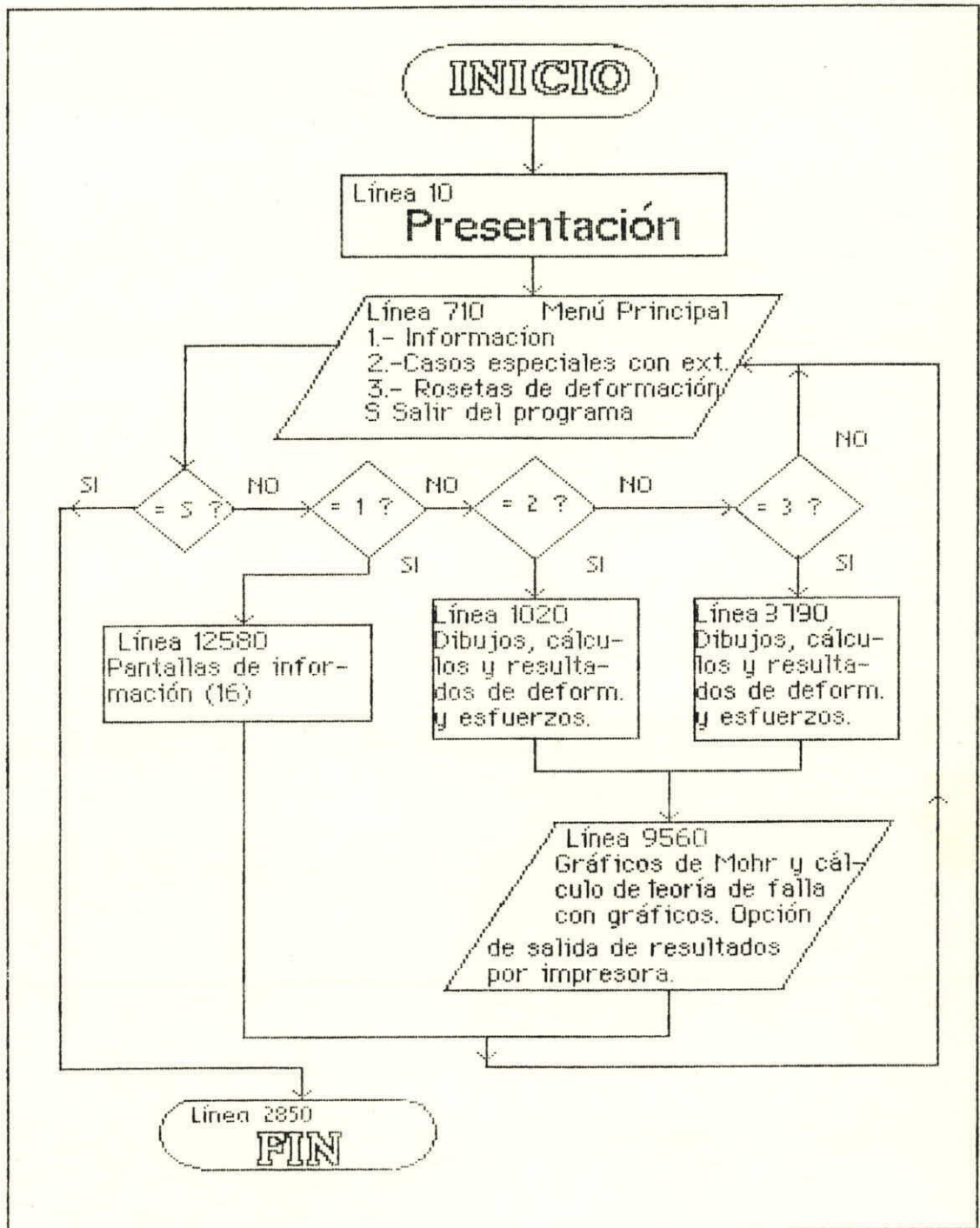
En esta parte del programa se explican en detalle el equipo y la técnica que debe utilizarse al pegar un extensómetro o roseta de deformación al material que se va a ensayar; tratando de explicar de la manera más ilustrativa posible y usando toda la gama de comandos para gráficos disponibles tanto para la IBM como para la Commodore 128 en sus respectivas versiones BASIC.

1.4 Bibliografía

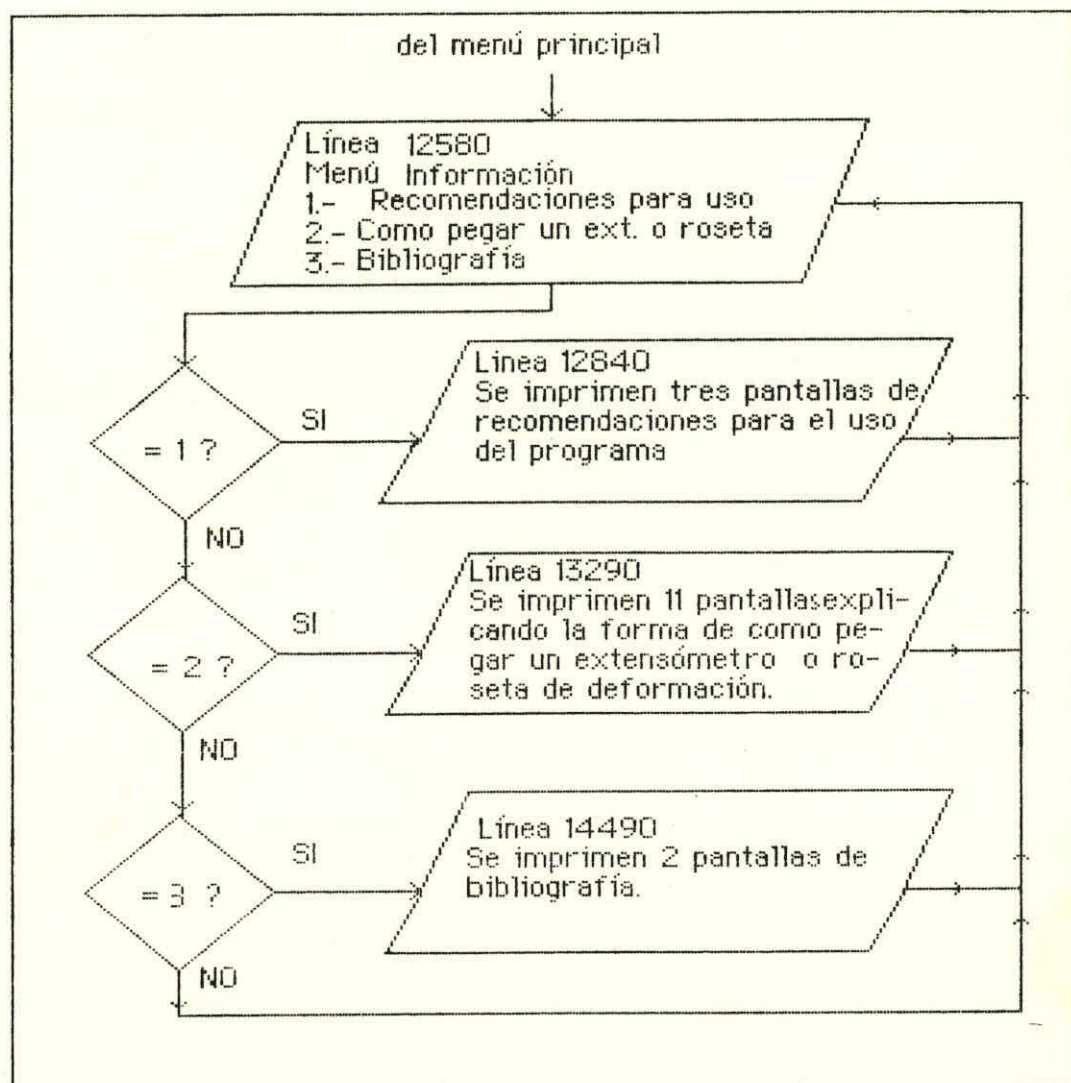
Al tomar esta alternativa aparecen una serie de nombres de libros de consulta sobre análisis experimental de esfuerzos, mecánica de sólidos y teorías de falla.

Se ha tratado de seleccionar los libros más adecuados y pedagógicos, pero sobre todo libros que están disponibles en la institución (ESPOL).

1.5 Diagrama de flujo general del programa



1.6 Diagrama de flujo para información



1.7 Listado del programa para presentación e información

```

10 KEY OFF
20 REM programa analisis experimental de esfuerzos
30 PI=3.141592:DIM C(4,5):DIM I(4,5)
40 REM presentacion espol
50 SCREEN 1:CLS
60 COLOR 1,7
70 REM graficacion de letras espol
80 REM letra e
90 LINE (20,20)-(60,20):LINE (60,20)-(60,25):LINE (60,25)-(26,25)
100 LINE (26,25)-(26,37):LINE (26,37)-(40,37):LINE (40,37)-(40,42)
110 LINE (40,42)-(26,42):LINE (26,42)-(26,55):LINE (26,55)-(60,55)
120 LINE (60,55)-(60,60):LINE (60,60)-(20,60):LINE (20,60)-(20,20)
130 REM letra s
140 LINE (80,20)-(120,20):LINE (120,20)-(120,25):LINE (120,25)-(86,25)
150 LINE (86,25)-(86,37):LINE (86,37)-(120,37):LINE (120,37)-(120,60)
160 LINE (120,60)-(80,60):LINE (80,60)-(80,55):LINE (80,55)-(114,55)
170 LINE (114,55)-(114,42):LINE (114,42)-(80,42):LINE (80,42)-(80,20)
180 REM letra p
190 LINE (140,20)-(180,20):LINE (180,20)-(180,42):LINE (180,42)-(146,42)
200 LINE (146,42)-(146,60):LINE (146,60)-(140,60):LINE (140,60)-(140,20)
210 LINE (146,25)-(174,37),,B
220 REM letra o
230 LINE (200,20)-(240,60),,B
240 LINE (206,25)-(234,55),,B
250 REM letra l
260 LINE (260,20)-(266,20):LINE (266,20)-(266,55):LINE (266,55)-(300,55)
270 LINE (300,55)-(300,60):LINE (300,60)-(260,60):LINE (260,60)-(260,20)
280 REM pintado de las letras
290 PAINT (23,23):PAINT (83,23)
300 PAINT (143,23):PAINT (203,23)
310 PAINT (263,23)
320 LOCATE 10,5:PRINT "FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA"
330 LOCATE 13,10:PRINT "TOPICO DE GRADUACION"
340 LOCATE 16,3:PRINT "AUTOR      : Andr"CHR$(130)"s Rubio P."
350 LOCATE 18,3:PRINT "DIRIGIDO POR : Ing. Guillermo Urquiza"
360 LOCATE 21,13:PRINT "I T"CHR$(130)"rmino 89/90"
370 LOCATE 23,4:PRINT "Presione una tecla para continuar"
380 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 380
390 REM segunda pantalla de presentacion
400 SCREEN 2:LOCATE 2,10:PRINT "CHITORSOFT PRESENTA:"
410 LOCATE 4,20:PRINT "ANALISIS EXPERIMENTAL DE ESFUERZOS"
420 LINE (58,55)-(58,95)
430 LINE (58,70)-(170,70):LINE (170,70)-(170,80):LINE (170,80)-(58,80)
440 FOR I=55 TO 90 STEP 8
450 LINE (58,I)-(40,I+9)
460 NEXT I
470 LINE (170,55)-(170,70):LINE (170,70)-(176,67):LINE (170,70)-(164,67)
480 LOCATE 7,22:PRINT "F":LOCATE 13,10:PRINT "VIGAS"

```

```

490 LINE (314,58)-(320,55):LINE (320,55)-(326,58):LINE (320,55)-(320,120):LINE (
320,90)-(600,90):LINE (600,90)-(590,87):LINE (600,90)-(590,93)
500 CIRCLE (460,90),64
510 LOCATE 7,38:PRINT CHR$(231)
520 LOCATE 8,60:PRINT CHR$(231)"xy max."
530 LOCATE 13,47:PRINT CHR$(229)"2":LOCATE 13,67:PRINT CHR$(229)"1 "CHR$(229)
540 LINE (422,70)-(498,110)
550 LOCATE 9,49:PRINT CHR$(229)"y"
560 LOCATE 15,63:PRINT CHR$(229)"x"
570 LOCATE 17,46:PRINT "CIRCULO DE MOHR"
580 LINE (170,110)-(170,195)
590 LINE (50,150)-(290,150)
600 LINE (170,185)-(215,150):LINE (90,150)-(170,127):LINE (90,150)-(170,185),,B:
LINE (170,127)-(215,150),,B
610 LINE (190,140)-(202,140):LINE (196,137)-(196,143)
620 LINE (170,110)-(165,113):LINE (170,110)-(175,113)
630 LINE (290,150)-(280,152):LINE (290,150)-(280,148)
640 LOCATE 20,28:PRINT "Sut "CHR$(229)"1"
650 LOCATE 20,8:PRINT "Suc"
660 LOCATE 15,19:PRINT CHR$(229)"2"
670 LOCATE 23,27:PRINT "TEORIAS DE FALLA"
680 LOCATE 20,50:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
690 LINE (385,145)-(637,165),,B
700 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 700
710 REM pantalla menu principal
720 K=0:NU=0:E=0:IMPRE=0:AVI=0
730 V=0:W=0:Y=0:S=0
740 FOR I=1 TO 4
750 D(I)=0:F(I)=0
760 E(I)=0:H(I)=0
770 S(I)=0
780 NEXT I
790 SCREEN 2:SCREEN 0:CLS
800 COLOR 2,0,2
810 LOCATE 3,35
820 PRINT "MENU PRINCIPAL "
830 FOR YU=1 TO 80:LOCATE 5,YU :PRINT CHR$(220)
840 NEXT YU
850 LOCATE 8,25
860 PRINT "1.-INFORMACION
870 LOCATE 11,25
880 PRINT "2.-CASOS ESPECIALES CON STRAIN GAGES
890 LOCATE 14,25
900 PRINT "3.-ROSETAS DE DEFORMACION
910 FOR YU=1 TO 80 :LOCATE 17,YU :PRINT CHR$(220)
920 NEXT YU
930 LOCATE 20,25
940 PRINT "PULSE NUMERO DE OPCION DESEADA "
950 LOCATE 23,25
960 PRINT "PULSE S PARA TERMINAR "
970 D$=INKEY$
980 IF D$="1" THEN 12580
990 IF D$="2" THEN 1020
1000 IF D$="3" THEN 3790
1010 IF D$="5" THEN 2850 ELSE 970

```



```

12580 REM informacion
12590 SCREEN 0,0,0
12600 CLS:COLOR 2,0,2
12610 LOCATE 3,27
12620 PRINT "MENU INFORMACION"
12630 FOR YU=1 TO 80:LOCATE 6,YU:PRINT CHR$(220)
12640 NEXT YU
12650 LOCATE 9,15
12660 PRINT "1.- RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL PROGRAMA"
12670 LOCATE 12,15
12680 PRINT "2.- COMO PEGAR UN EXTENSOMETRO O ROSETA DE DEFORMACION"
12690 LOCATE 15,15
12700 PRINT "3.- BIBLIOGRAFIA"
12710 FOR YU=1 TO 80:LOCATE 18,YU:PRINT CHR$(220)
12720 NEXT YU
12730 LOCATE 21,22
12740 PRINT "PULSE EL NUMERO DE LA OPCION DESEADA"
12750 LOCATE 23,20
12760 PRINT "S PARA TERMINAR          R MENU ANTERIOR "
12770 A$=INKEY$
12780 IF A$="1" THEN 12840
12790 IF A$="2" THEN 13290
12800 IF A$="3" THEN 14490
12810 IF A$="s" THEN 2850
12820 IF A$="r" THEN 710
12830 GOTO 12770
12840 CLS
12850 LOCATE 2,20:PRINT "RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL PROGRAMA"
12860 LOCATE 4,6:PRINT "1.- Introduzca sus datos en forma correcta y cuidadosa."

12870 LOCATE 5,11:PRINT "Si Ud. ingresa datos equivocados absurdos como por ejem
plo F.M = 0"
12880 LOCATE 6,10:PRINT "o coef. de Poisson >.5 el programa le advertir"CHR$(160)
)" su equivocaci"CHR$(162)"n y"
12890 LOCATE 7,10:PRINT "pedir"CHR$(160)" nuevos datos, pero si los datos son er
r"CHR$(162)"neos pero posibles"
12900 LOCATE 8,10:PRINT "Ud. recibir"CHR$(160)" resultados tambi"CHR$(130)"n err
"CHR$(162)"neos."
12910 LOCATE 10,6:PRINT "2.- Coloque los extens"CHR$(162)"metros apropiadamente.
"

12920 LOCATE 11,11:PRINT "No coloque los extens"CHR$(162)"metros de la roseta a
180"CHR$(241)"5 grados entre si"
12930 LOCATE 12,10:PRINT "Si los coloca a 180 grados esto equivale a ponerlos en
una misma"
12940 LOCATE 13,10:PRINT "direcci"CHR$(162)"n y sus resultados no ser"CHR$(160)"
n correctos."
12950 LOCATE 15,6:PRINT "3.- Se aconseja procesar los datos por m"CHR$(160)"s de
una vez."
12960 LOCATE 17,6:PRINT "4.- Con 4 extens"CHR$(162)"metros los datos deben ser c
ompatibles."
12970 LOCATE 19,11:PRINT "Los datos deben ser siempre experimentales. Debe recor
dar que

```

```

12980 LOCATE 19,10:PRINT "de ellos es redundante. Si inventa los datos no tendr"
CHR$(160)" resultados"
12990 LOCATE 20,10:PRINT "valederos."
13000 LOCATE 22,25:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
13010 A$=INKEY$
13020 IF A$="" THEN 13010
13030 CLS
13040 LOCATE 3,6:PRINT "5.- Use las unidades propuestas por el programa."
13050 LOCATE 4,11:PRINT "Ud. puede utilizar otras unidades pero debe tener mucho
cuidado al"
13060 LOCATE 5,10:PRINT "interpretar las unidades de sus resultados. Es aconseja
ble introdu-"
13070 LOCATE 6,10:PRINT "cir un ejercicio cuyos resultados sean conocidos para m
ayor seguri-"
13080 LOCATE 7,10:PRINT "dad."
13090 LOCATE 8,11:PRINT "Nota: Use siempre microunidad/unidad para lecturas de d
eformaci"CHR$(162)"n"
13100 LOCATE 10,6:PRINT "A continuaci"CHR$(162)"n algunos ejemplos de como cambi
ar unidades"
13110 LOCATE 12,6:PRINT "M"CHR$(162)"dulo de elasticidad E [ Giga Pa] ---> [
MPsi ] o [ Mega kg/cm"CHR$(253)" ]
13120 LOCATE 14,6:PRINT "Resultados de esfuerzos "CHR$(229)" [ MPa ] ---> [
kPsi ] o [ kg/cm"CHR$(253)"/1000 ]
13130 LOCATE 16,6:PRINT "Suc , Suc y Sy [ MPa] ---> [ kPsi ] o [
kg/cm"CHR$(253)"/1000 ]
13140 LOCATE 22,25:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
13150 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 13150
13160 CLS
13170 LOCATE 4,6:PRINT "6.- Observe cuidadosamente los gr"CHR$(160)"ficos explic
ativos."
13180 LOCATE 5,11:PRINT "De esta manera evitar"CHR$(160)" errores al introducir
sus datos o al evaluar"
13190 LOCATE 6,10:PRINT "sus resultados."
13200 LOCATE 9,6:PRINT "7.- Consulte la bibliograf"CHR$(161)"a si a"CHR$(163)"n
tiene dudas."
13210 LOCATE 10,11:PRINT "Para poder utilizar y aprovechar los beneficios de est
e programa"
13220 LOCATE 11,10:PRINT "se requiere de un conocimiento previo de mec"CHR$(160)"
nica de s"CHR$(162)"lidos y"
13230 LOCATE 12,10:PRINT "del an"CHR$(160)"lisis experimental de esfuerzos con e
xtens"CHR$(162)"metros de re-"
13240 LOCATE 13,10:PRINT "sistencia el"CHR$(130)"ctrica. "
13250 LOCATE 18,23:PRINT "ESPERAMOS HABERLO AYUDADO,GRACIAS."
13260 LOCATE 22,25:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
13270 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 13270
13280 GOTO 12590
13290 REM como pegar un extensometro o roseta de deformacion
13300 CLS

```



```

13310 LOCATE 2,26:PRINT "COMO PEGAR UN EXTENSOMETRO"
13320 LOCATE 4,27:PRINT "MATERIALES A UTILIZARSE"
13330 LOCATE 6,12:PRINT "1.- EXTENSOMETRO O ROSETA."
13340 LOCATE 8,12:PRINT "2.- CONDICIONADOR Y NEUTRALIZADOR."
13350 LOCATE 10,12:PRINT "3.- LIJA Y GASA."
13360 LOCATE 12,12:PRINT "4.- RAYADOR Y ESCUADRA."
13370 LOCATE 14,12:PRINT "5.- CINTA ADHESIVA (SCOTCH Y MASKIN TAPE)."
```

13380 LOCATE 16,12:PRINT "6.- EQUIPO PARA SOLDADURA CON ESTA"CHR\$(165)"D."

13390 LOCATE 18,12:PRINT "7.- MATERIAL DE ENSAYO Y BASE PARA TERMINALES."

13400 LOCATE 20,12:PRINT "8.- CABLES Y PINZAS."

13410 LOCATE 22,25:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"

13420 A\$=INKEY\$:IF A\$="" THEN 13420

13430 SCREEN 1:COLOR 1,1

13440 LOCATE 2,15:PRINT "PASOS A SEGUIR"

13450 LOCATE 4,3:PRINT "1.- Limpiar la superficie con condi-"

13460 LOCATE 5,6:PRINT "cionador y lija."

13470 CIRCLE (220,100),6,2,,,9/11

13480 LINE (120,70)-(280,130),,B

13490 FOR I= 140 TO 240 STEP 10

13500 LINE (I,115)-(I+20,85):LINE (I,85)-(I+20,115):NEXT I

13510 CIRCLE (180,90),5,2,,,4/11

13520 LINE (40,140)-(62,160),,B

13530 LOCATE 19,21:PRINT "Superficie"

13540 LOCATE 20,1:PRINT "Lija"

13550 LINE (29,76)-(37,81):LINE(37,81)-(37,83)

13560 LINE (37,83)-(43,83):LINE (43,83)-(43,81)

13570 FOR I=40 TO 62 STEP 3

13580 FOR J=142 TO 160 STEP 2

13590 PSET (I,J)

13600 NEXT J: NEXT I

13610 LINE (43,81)-(51,76):LINE (51,76)-(51,53)

13620 LINE (51,53)-(29,53):LINE (29,53)-(29,76)

13630 LOCATE 13,2:PRINT "Condicionador"

13640 LOCATE 23,5:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"

13650 A\$=INKEY\$:IF A\$="" THEN 13650

13660 LOCATE 4,3:PRINT "2.- Colocar neutralizador con gasa. "

13670 LOCATE 5,6:PRINT " "

13680 LOCATE 20,1:PRINT "Gasa"

13690 LOCATE 13,2:PRINT "Neutralizador"

13700 LINE (120,70)-(280,130),0,BF

13710 LINE (120,70)-(280,130),,B

13720 FOR I=40 TO 62 STEP 4

13730 FOR J=140 TO 160 STEP 3

13740 LINE (40,J)-(62,J)

13750 NEXT J

13760 LINE (I,140)-(I,160)

13770 NEXT I

13780 A\$=INKEY\$:IF A\$="" THEN 13780

13790 LINE (0,50)-(115,175),0,BF

13800 LOCATE 4,3:PRINT "3.- Trazar raya en la direcci"CHR\$(162)"n del "

```

13810 LOCATE 5,6:PRINT "Extens"CHR$(162)"metro o roseta deseada u-"
13820 LOCATE 6,6:PRINT "sando rayador y escuadra."
13830 LINE (135,100)-(265,100)
13840 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 13840
13850 LOCATE 4,3:PRINT "4.- Colocar extens"CHR$(162)"metro o roseta en"
13860 LOCATE 5,6:PRINT "la direcci"CHR$(162)"n marcada "
13870 LOCATE 6,6:PRINT " "
13880 LINE (170,90)-(220,110),2,BF
13890 LINE (180,95)-(210,95):LINE (180,105)-(210,105)
13900 LINE (180,93)-(180,97):LINE (180,103)-(180,107)
13910 CIRCLE (210,100),6,,0,PI/2
13920 CIRCLE (210,100),6,,3*PI/2,0
13930 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 13930
13940 LOCATE 4,3:PRINT "5.- Se lo pega con cinta adhesiva "
13950 LOCATE 5,6:PRINT " "
13960 LINE (150,80)-(240,120),1,B
13970 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 13970
13980 LOCATE 4,3:PRINT "6.- Se despega un lado de la cinta "
13990 LOCATE 5,6:PRINT "con el extens"CHR$(162)"metro juntos. "
14000 LINE (150,80)-(240,120),0,BF
14010 LINE (150,100)-(240,100)
14020 LINE (120,90)-(170,110),2,BF
14030 LINE (130,95)-(160,95):LINE (130,105)-(160,105)
14040 LINE (160,93)-(160,97):LINE (160,103)-(160,107)
14050 CIRCLE (130,100),6,,PI/2,1.5*PI
14060 LINE (100,80)-(190,120),1,B
14070 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 14070
14080 LOCATE 4,3:PRINT "7.- Se coloca pegamento sobre la "
14090 LOCATE 5,6:PRINT "superficie y se vuelve a pegar "
14100 LOCATE 6,6:PRINT "cinta con extens"CHR$(162)"metro "
14110 LINE (100,80)-(190,120),0,BF
14120 LINE (120,70)-(280,130),,B
14130 LINE (130,100)-(240,100)
14140 LINE (170,90)-(220,110),2,BF
14150 LINE (180,95)-(210,95):LINE (180,105)-(210,105)
14160 LINE (180,93)-(180,97):LINE (180,103)-(180,107)
14170 CIRCLE (210,100),6,,0,PI/2
14180 CIRCLE (210,100),6,,3*PI/2,0
14190 LINE (150,80)-(240,120),1,B
14200 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 14200
14210 LOCATE 4,3:PRINT "8.- Se presiona con los dedos por "
14220 LOCATE 5,6:PRINT "dos minutos aprox. y se remueve "
14230 LOCATE 6,6:PRINT "la cinta cuidadosamente "
14240 LINE (150,80)-(240,120),0,B
14250 LINE (5,80)-(95,120),1,B
14260 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 14260
14270 LOCATE 4,3:PRINT "9.- Sujetar cable con cinta adhesi-"
14280 LOCATE 5,6:PRINT "va y proceder a soldarlos a los"
14290 LOCATE 6,6:PRINT "terminales del extens"CHR$(162)"metro o "
14300 LOCATE 7,6:PRINT "preferentemente a una base y de"

```

```

14310 LOCATE 8,6:PRINT "esta a los terminales."
14320 LINE (130,90)-(150,110),,B
14330 LINE (138,93)-(142,97),,BF
14340 LINE (138,103)-(142,107),,BF
14350 CIRCLE (160,95),20,,0,PI,4/11
14360 CIRCLE (160,105),20,,0,PI,4/11
14370 CIRCLE (110,105),30,,0,PI/1.2,4/11
14380 CIRCLE (110,95),30,,0,PI/1.2,4/11
14390 LINE (5,80)-(95,120),0,B
14400 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 14400
14410 LOCATE 4,2:PRINT "Adem"CHR$(160)"s de estas recomendaciones siga"
14420 LOCATE 5,1:PRINT "las instrucciones del fabricante y"
14430 LOCATE 6,1:PRINT "utilice los materiales propuestos "
14440 LOCATE 7,1:PRINT "por este. "
14450 LOCATE 8,1:PRINT "          BUENA SUERTE !          "
14460 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 14460
14470 SCREEN 2:SCREEN 0,0,0
14480 GOTO 12580
14490 CLS
14500 LOCATE 2,32 :PRINT "BIBLIOGRAFIA"
14510 LOCATE 4,6:PRINT "SI UD. DESEA INFORMACION ACERCA DE ANALISIS EXPERIMENTAL
DE ESFUERZOS"
14520 LOCATE 6,5:PRINT "LE SUGERIMOS LOS SIGUIENTES LIBROS:"
14530 LOCATE 8,8:PRINT "1.- STRAIN GAGE PRIMER; PERRY , Mc. GRAW-HILL"
14540 LOCATE 10,8:PRINT "2.- EXPERIMENTAL STRESS ANALYSIS; DALLY & RIVEY , Mc. G
RAW-HILL"
14550 LOCATE 12,8:PRINT "3.- AN INTRODUCTION TO EXPERIMENTAL STRESS ANALYSIS ;LE
E,WILEY & SONS"
14560 LOCATE 15,6:PRINT "SI UD. DESEA INFORMACION ACERCA DE MECANICA DE SOLIDOS
LE RECOMENDAMOS"
14570 LOCATE 17,5:PRINT "LOS SIGUIENTES LIBROS:"
14580 LOCATE 19,8:PRINT "1.- INTRODUCCION A LA MECANICA DE SOLIDOS; POPOV , LIMU
SA"
14590 LOCATE 21,8:PRINT "2.- DISE"CHR$(165)"O EN INGENIERIA MECANICA ; SHIGLEY ,
Mc. GRAW-SMITH"
14600 LOCATE 23,25:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
14610 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 14610
14620 CLS
14630 LOCATE 4,8:PRINT "3.- ADVANCED STRENGTH OF MATERIALS ; R. BUDYNAS , Mc. GR
AW-HILL"
14640 LOCATE 6,8:PRINT "4.- MECHANICS OF MATERIALS (VOL. 1 y 2); HEARN , "
14650 LOCATE 8,8:PRINT "5.- RESISTENCIA DE MATERIALES ; SINGER , Mc. GRAW-HILL"
14660 LOCATE 10,5:PRINT "O CUALQUIER BUEN LIBRO DE MECANICA DE SOLIDOS O DISE"CH
R$(165)"O MECANICO"
14670 LOCATE 23,25:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
14680 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 14680
14690 GOTO 12590
14700 CLS
14710 LOCATE 6,6:PRINT "DESEA IMPRIMIR SUS RESULTADOS (S/N)?"

```


CAPITULO II

CASOS ESPECIALES CON EXTENSOMETROS

Cuando se hace análisis experimental de esfuerzos utilizando extensómetros de resistencia eléctrica, en muchas ocasiones se conocen de antemano las características de las cargas que actúan en algunos puntos sobre la superficie a ensayar, así como también las direcciones principales de las deformaciones y esfuerzos. En estos casos no se hace necesario colocar rosetas de deformación para determinar las deformaciones y esfuerzos principales sino tan solo disponer adecuadamente los extensómetros simples de deformación sobre el material que se ensaya.

De las múltiples situaciones diferentes que se pueden dar se estudian los 3 casos más frecuentes (Fig.2.1) como son los elementos que se encuentran sometidos a cargas de tensión o compresión pura, torsión pura y flexión pura.

MENU CASOS ESPECIALES
1.- TORSION PURA
2.- FLEXION PURA
3.- TRACCION O COMPRESION
PULSE NUMERO DE OPCION DESEADA
S PARA TERMINAR R MENU ANTERIOR

Fig.2.1

Menú Casos especiales con extensómetros

Esta es una de las secciones del programa que puede ser sujeta a innumerables ampliaciones para casos tales como cargas de tracción y compresión no centradas, flexión con cargas no centradas, compensaciones por temperatura, modelos de celdas de carga utilizando extensómetros, arreglos para filtrar ciertos efectos medidos exclusivamente los de interés, etc..

Se debe tener en cuenta que la memoria del BASIC con este programa está próxima a acabarse y se deberá concatenar diferentes programas.

2.1 Torsión pura

Los casos de torsión pura son muy frecuentes especialmente cuando se trabaja con ejes.

Si se escoge esta opción se estudian dos arreglos de los extensómetros. Uno con dos extensómetros y otro con cuatro siendo este último el más apropiado porque filtra el efecto de la flexión que pudiere existir.

Lo primero que se presenta es el siguiente dibujo explicativo de la forma en que deben estar dispuestos los extensómetros.

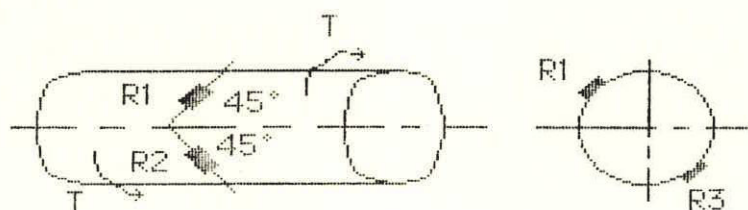
Este gráfico y todos los gráficos explicativos

Torsión Pura

Disponer los extensómetros según la figura :

1.- Extensómetros R1 y R2

2.- Extensómetros R1,R2,R3 y R4



Que disposición
tiene Ud. ? 1

C = Continuar
R = Menú Anterior

Puente de Wheatstone

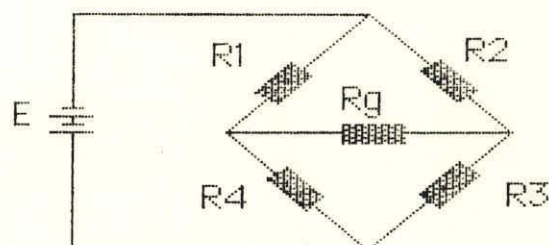


Fig. 2.2

Caso de Torsión Pura

de los casos especiales van acompañados de un diagrama del puente de Wheatstone que se encuentra en una subrutina.

También con una subrutina de petición de datos se pide la lectura del puente de Wheatstone, el módulo de elasticidad y el coeficiente de Poisson del material para luego realizar estos cálculos:

Datos : $X \equiv$ Lectura de deformación del puente
 $L \equiv$ Número de extensómetros (2 o 4)
 $\mu \equiv$ Coeficiente de Poisson
 $E \equiv$ Módulo de elasticidad

Cálculos : $\epsilon_1 = X/L$ $\epsilon_2 = -X/L$
 $\text{Gamma } xy \text{ max.} = 2X/L$ $\theta_p = 45^\circ$
 $\epsilon_x = \epsilon_y = \sigma_x = \sigma_y = 0$
 $\sigma_1 = (E\epsilon_1)/(1+\mu)$
 $\sigma_2 = -\sigma_1$ $\tau_{xy} \text{ max.} = \sigma_1$

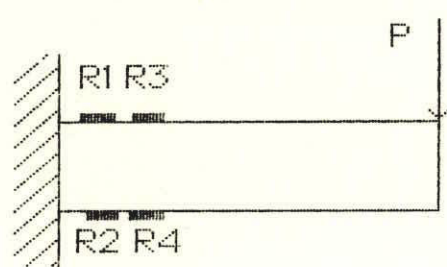
Los resultados se presentan y se consulta si se desea graficar el círculo de Mohr. Dicha sección se estudia en el siguiente capítulo.

2.2 Flexión pura

Siguiendo los mismos pasos que para el caso anterior se presenta un gráfico explicativo del caso en mención (fig. 2.3) y el circuito del puente. Con 1, 2 o 4 extensómetros se puede determinar la deformación

Flexión Pura

Disponer los extensómetros según la figura :



- 1.- Extensómetro R1
- 2.- Extensómetros R1 y R2
- 3.- Exts. R1,R2,R3 y R4

Que disposición
tiene Ud. ? 1

C = Continuar
R = Menú Anterior

Puente de Wheatstone

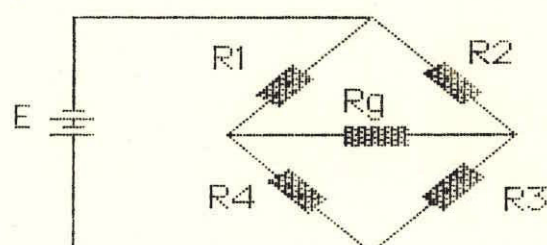


Fig.2.3

Caso de Flexión Pura

en este caso. Recuerde que a mayor número de extensómetros mayor será la resolución resultante. Nuevamente con la subrutina se piden los datos del X, L, μ y E y se realizan estos cálculos:

Cálculos : $\epsilon_x = \epsilon_1 = X/L$ $\epsilon_y = \epsilon_2 = -\mu \epsilon_x$
 $\text{Gamma } xy \text{ max.} = \epsilon_1 - \epsilon_2$ $\text{Gamma } xy = 0$
 $\sigma_1 = \sigma_x = E * \epsilon_1$ $\theta_p = 0^\circ$
 $\sigma_2 = \sigma_y = 0$ $\tau_{xy} \text{ max.} = \sigma_1/2$ $\tau_{xy} = 0$

Se imprimen los resultados y se va a opción del círculo de Mohr.

2.3 Tracción o compresión pura centrada

En este caso hay dos arreglos posibles, con 1 y con 2 extensómetros (fig.2.4). Este dibujo irá también acompañado del diagrama del puente.

Luego de la petición de datos los cálculos son:

Cálculos: Si $X > 0$ (Tracción)

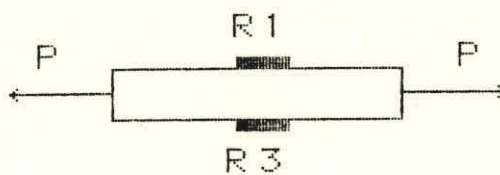
$\epsilon_1 = X/L$ $\epsilon_2 = -\mu * \epsilon_1$ $\epsilon_1 = \epsilon_x$
 $\epsilon_2 = \epsilon_y$ $\sigma_1 = E * \epsilon_1$ $\sigma_x = \sigma_1$
 $\sigma_2 = \sigma_y = 0$ $\theta_p = 0^\circ$
 $\text{Gamma } xy \text{ max} = \epsilon_1 - \epsilon_2$ $\text{Gamma } xy = 0$
 $\tau_{xy} = 0$ $\tau_{xy} \text{ max.} = \sigma_1 / 2$

Si $X < 0$ (Compresión)

$\epsilon_2 = X/L$ $\epsilon_1 = -\mu * \epsilon_2$ $\epsilon_x = \epsilon_2$
 $\epsilon_y = \epsilon_1$ $\sigma_2 = E * \epsilon_2$ $\sigma_2 = \sigma_x$

Tracción o compresión pura

Disponer los extensómetros según la figura :



1.- Extensómetro R1

2.- Extensómetros R1 y R3 o R2 y R4

Que disposición
tiene Ud. ? 1

C = Continuar
R = Menú Anterior

Puente de Wheatstone

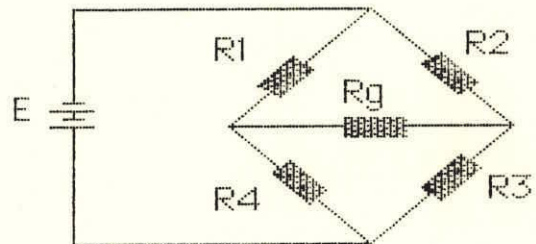


Fig.2.4

Caso de Tracción o Compresión Pura

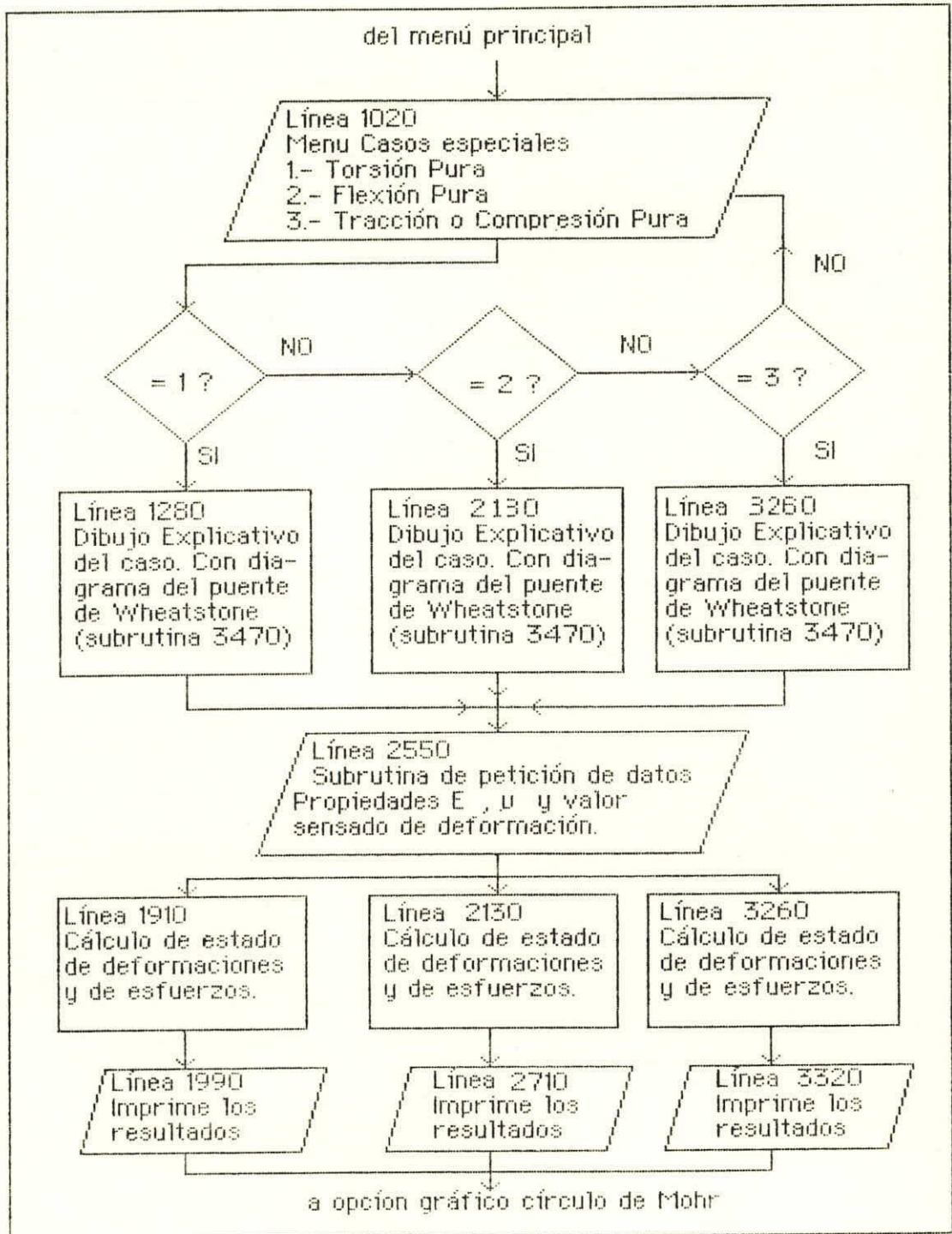
$$\sigma_1 = \sigma_y = 0 \qquad \theta_p = 90^\circ$$

$$\text{Gamma } xy \text{ max.} = \epsilon_2 - \epsilon_1 \qquad \text{Gamma } xy = 0$$

$$\tau_{xy} \text{ max} = -\sigma_2/2 \qquad \tau_{xy} = 0$$

Se presentan las respuestas y se va a opción del círculo de Mohr.

2.4 Diagrama de flujo para casos especiales.



2.5 Listado del programa para Casos Especiales

```

1020 REM PANTALLA MENU CASOS ESPECIALES
1030 SCREEN 2:SCREEN 0,0,0
1040 IMPRE=1
1050 COLOR 2,0,2:CLS
1060 LOCATE 3,32
1070 PRINT "MENU CASOS ESPECIALES"
1080 FOR YU=1 TO 80 :LOCATE 6,YU:PRINT CHR$(220)
1090 NEXT YU
1100 LOCATE 9,25
1110 PRINT "1.- TORSION PURA "
1120 LOCATE 12,25
1130 PRINT "2.- FLEXION PURA"
1140 LOCATE 15,25
1150 PRINT "3.- TRACCION O COMPRESION"
1160 FOR YU=1 TO 80 :LOCATE 18,YU :PRINT CHR$(220)
1170 NEXT YU
1180 LOCATE 21,28
1190 PRINT "PULSE NUMERO DE OPCION DESEADA"
1200 LOCATE 23,23
1210 PRINT "S PARA TERMINAR      R MENU ANTERIOR"
1220 C$=INKEY$:IF C$="" THEN 1220
1230 IF C$="1" THEN 1280
1240 IF C$="2" THEN 2130
1250 IF C$="3" THEN 2910
1260 IF C$="s" THEN 2850
1270 IF C$="r" THEN 710 ELSE 1220
1280 REM pantalla torsion pura
1290 SCREEN 1 :CLS:COLOR 1,1
1300 TR$=" EXTENSOMETROS EL TORSION PURA"
1310 LOCATE 1,12:PRINT "TORSION PURA"
1320 LOCATE 3,1:PRINT " Disponer los extens"CHR$(162)"metros seg"CHR$(163)"n la"
:LOCATE 4,1:PRINT "figura"
1330 LINE (15,64)-(95,64)
1340 LINE (15,92)-(95,92)
1350 CIRCLE (95,78),13,,,1
1360 CIRCLE (15,78),13,,PI/2,3*PI/2,1
1370 CIRCLE (145,78),16
1380 LINE (2,78)-(110,78)
1390 LINE (125,78)-(167,78)
1400 LINE (52,61)-(35,78)
1410 LINE (35,78)-(52,95)
1420 CIRCLE (33,78),20,,70*PI/180,200*PI/180,1
1430 CIRCLE (95,78),21,,72*PI/180,200*PI/180,1
1440 LINE (9,82)-(15,86)
1450 LINE (20,82)-(15,86)
1460 LINE (96,60)-(105,57)

```

```

1470 LINE (105,57)-(100,55)
1480 LINE (37,72)-(42,76)
1490 LINE (42,76)-(47,70)
1500 LINE (47,70)-(42,66):PAINT (46,70)
1510 LINE (42,66)-(37,72):PAINT (42,68)
1520 LINE (37,84)-(42,80)
1530 LINE (42,80)-(47,86)
1540 LINE (47,86)-(42,90):PAINT (42,82)
1550 LINE (42,90)-(37,84):PAINT (39,84)
1560 LINE (145,63)-(145,93)
1570 LINE (132,89)-(158,67)
1580 LINE (127,87)-(133,93)
1590 LINE (127,87)-(131,85)
1600 LINE (133,93)-(137,90)
1610 PAINT (133,91)
1620 LINE (160,72)-(163,69)
1630 LINE (163,69)-(156,63)
1640 LINE (156,63)-(153,67):PAINT (156,65):PAINT (162,69)
1650 LOCATE 7,3:PRINT "T      T      1.- Extens"CHR$(162)"metros"
1660 LOCATE 8,5:PRINT "R1"
1670 LOCATE 8,19:PRINT "R1      R1 y R2"
1680 LOCATE 13,5:PRINT "R2"
1690 LOCATE 12,15:PRINT "R3"
1700 LOCATE 10,7:PRINT "45"
1710 LOCATE 11,7:PRINT "45"
1720 LOCATE 11,23:PRINT "2.- Extens"CHR$(162)"metros"
1730 LOCATE 12,27:PRINT "R1,R2,R3 y R4"
1740 GOSUB 3470
1750 LOCATE 17,2:PRINT CHR$(168)"Que disposici"CHR$(162)"n"
1760 LOCATE 19,2:PRINT "tiene Ud.?"
1770 A$=INKEY$
1780 IF A$="1" THEN 1800
1790 IF A$="2" THEN 1830 ELSE 1770
1800 LOCATE 19,13:PRINT "1"
1810 L=2:LPR=2
1820 GOTO 1850
1830 LOCATE 19,13:PRINT "2"
1840 L=4:LPR=4
1850 LOCATE 21,2:PRINT "C=Continuar"
1860 LOCATE 23,2:PRINT "R=Menu anterior"
1870 A$=INKEY$
1880 IF A$="c" THEN 1900
1890 IF A$="r" THEN 1030 ELSE 1870
1900 GOSUB 2560
1910 D(1)=X/L:D(2)=-X/L
1920 D(3)=0:Z=45
1930 F(1)=0:F(2)=0
1940 F(3)=2*X/L
1950 E(1)=X/L:E(2)=-X/L:E(3)=F(3)
1960 S(1)=(E*(1)/(1+K))/1000
1970 S(2)=-S(1):S(3)=S(1)

```

```

1980 H(1)=0:H(2)=0:H(3)=S(3):TMAX=S(3)
1990 LOCATE 12,6:PRINT "LAS DEFORMACIONES Y ESFUERZOS EN X,Y SON IGUALES A CERO"

2000 LOCATE 14,6:PRINT "LAS DEFORMACIONES PRINCIPALES SON:"
2010 LOCATE 16,5:PRINT "E1 (DIREC.R1) =" ;E(1); "Micrometros/metros"
2020 LOCATE 18,5:PRINT "E2 (DIREC.R2) =" ;E(2); "Micrometros/metros"
2030 LOCATE 20,5:PRINT "Gamma XY max. =" ;E(3); "Microradianes"
2040 LOCATE 23,25 :PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
2050 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 2050
2060 CLS
2070 LOCATE 2,6:PRINT "LOS ESFUERZOS PRINCIPALES SON:"
2080 LOCATE 4,5:PRINT CHR$(229); "1"      =" ;S(1); "MPa"
2090 LOCATE 6,5:PRINT CHR$(229); "2"      =" ;S(2); "MPa"
2100 LOCATE 8,5:PRINT CHR$(231); "xy max. =" ;S(3); "MPa"
2110 LOCATE 10,5:PRINT CHR$(233); "p"      = 45 Grados"
2120 GOTO 9560
2130 REM pantalla flexion pura
2140 SCREEN 1:CLS:COLOR 1,1
2150 TR$=" EXTENSOMETROS EN FLEXION PURA"
2160 LOCATE 1,12:PRINT "FLEXION PURA"
2170 LOCATE 3,3:PRINT "Disponer los extens"CHR$(162)"metros seg"CHR$(163)"n la":
LOCATE 4,1:PRINT "figura"
2180 LINE (22,55)-(22,110)
2190 LINE (22,75)-(114,75):LINE (114,75)-(114,90):LINE (114,90)-(22,90)
2200 LINE (26,72)-(34,75),,BF
2210 LINE (36,72)-(44,75),,BF
2220 LINE (26,90)-(34,93),,BF
2230 LINE (36,90)-(44,93),,BF
2240 FOR I=55 TO 110 STEP 8
2250 LINE (22,I)-(14,I+8)
2260 NEXT I
2270 LINE (111,72)-(114,75)
2280 LINE (114,75)-(114,52)
2290 LINE (114,75)-(117,72)
2300 LOCATE 8,4:PRINT "R1R3      P"
2310 LOCATE 7,18:PRINT "1.- Extens"CHR$(162)"metro R1"
2320 LOCATE 9,18:PRINT "2.- Ext. R1 y R2"
2330 LOCATE 11,18:PRINT "3.- Ext. R1,R2,R3 yR4"
2340 LOCATE 14,4:PRINT "R2R4"
2350 GOSUB 3470
2360 LOCATE 16,2:PRINT CHR$(168)"Que disposici"CHR$(162)"n"
2370 LOCATE 18,2:PRINT "tiene Ud.?"
2380 A$=INKEY$
2390 IF A$="1" THEN 2420
2400 IF A$="2" THEN 2450
2410 IF A$="3" THEN 2480 ELSE 2380
2420 LOCATE 18,13:PRINT "1"
2430 L=1:LPR=1
2440 GOTO 2500
2450 LOCATE 18,13:PRINT "2"

```



```

2460 L=2:LPR=2
2470 GOTO 2500
2480 LOCATE 18,13:PRINT "3"
2490 L=4:LPR=4
2500 LOCATE 21,2:PRINT "C=Continuar"
2510 LOCATE 23,2:PRINT "R=Menu anterior"
2520 A$=INKEY$
2530 IF A$="c" THEN GOSUB 2560 :GOTO 2650
2540 IF A$="r" THEN 1030 ELSE 2520
2550 REM datos de flexion,torsion y traccion o compresion pura
2560 SCREEN 2:SCREEN 0,0,0:CLS
2570 LOCATE 2,6:PRINT "INGRESE SU LECTURA DEL PUENTE"
2580 LOCATE 4,5:INPUT "VALOR [Micrometros/metros] = ";X:PUE=X
2590 LOCATE 6,6:PRINT "INGRESE LAS PROPIEDADES DEL MATERIAL"
2600 LOCATE 8,5:INPUT "MODULO DE ELASTICIDAD E [Giga Pa] =";E
2610 LOCATE 10,5:PRINT "COEFICIENTE DE POISSON ";CHR$(230);" = "
2620 LOCATE 10,38:INPUT K:POIS=K
2630 IF K<.25 OR K>.5 THEN GOSUB 15490:GOTO 2610
2640 RETURN
2650 F(1)=X/L:F(2)=K*F(1)
2660 F(3)=F(1)-F(2):Z=0
2670 S(1)=((E/(1-K^2))*(F(1)-K*F(2)))/1000
2680 S(2)=0:S(3)=S(1)/2:TMAX=S(3)
2690 E(1)=F(1):E(2)=F(2):E(3)=F(3)
2700 H(1)=S(1):H(2)=S(2):H(3)=S(3)
2710 LOCATE 12,6:PRINT "LOS EJES X (LONGITUDINAL),y Y (TRANSVERSAL) SON LOS PRIN
CIPALES"
2720 LOCATE 14,5:PRINT "E1 = Ex =";F(1);"micrometros/metros"
2730 LOCATE 16,5:PRINT "E2 = Ey =";F(2);"micrometros/metros"
2740 LOCATE 18,5:PRINT "Gamma xy max. = Gamma xy =";F(3);"microradianes"
2750 LOCATE 20,5:PRINT CHR$(233);"p =";Z;"grados"
2760 LOCATE 23,25:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
2770 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 2770
2780 REM SEGUNDA PANTALLA DE RESULTADOS DE FLEXION PURA
2790 CLS
2800 LOCATE 2,6:PRINT "LOS ESFUERZOS PRINCIPALES SON:"
2810 LOCATE 4,5:PRINT CHR$(229);"1      =" ;S(1);"MPa"
2820 LOCATE 6,5:PRINT CHR$(229);"2      =" ;S(2);"MPa"
2830 LOCATE 8,5:PRINT CHR$(231);"xy max. =" ;S(3);"MPa"
2840 GOTO 9560
2850 REM opcion salir del programa
2860 SCREEN 2:SCREEN 0,0,0:CLS
2870 FOR I= 1 TO 5
2880 LOCATE 12,30:PRINT "GRACIAS,HASTA LUEGO."
2890 COLOR 1,I+2,I+3:FOR A= 1 TO 1000:NEXT A:NEXT I
2900 COLOR 7,0,7:CLS:END
2910 REM pantalla de traccion pura centrada
2920 SCREEN 1:CLS:COLOR 1,1
2930 TR$=" EXTENSOMETROS EN TRACCION PURA"
2940 LOCATE 1,8:PRINT "TRACCION O COMPRESION PURA"

```



```

2950 LOCATE 3,3:PRINT "Disponer los extens"CHR$(162)"metros seg"CHR$(163)"n la":
LOCATE 4,1:PRINT "figura"
2960 LINE (60,72)-(70,75),,BF
2970 LINE (60,90)-(70,93),,BF
2980 LINE (25,75)-(114,90),,B
2990 LINE (25,82)-(8,82)
3000 LINE (8,82)-(13,80):LINE (8,82)-(13,84)
3010 LINE (114,82)-(131,82)
3020 LINE (131,82)-(126,80):LINE (131,82)-(126,84)
3030 LOCATE 9,9:PRINT "R1"
3040 LOCATE 10,2:PRINT "P"
3050 LOCATE 10,16:PRINT "P"
3060 LOCATE 13,9:PRINT "R3"
3070 LOCATE 7,18:PRINT "1.- Extens"CHR$(162)"metro R1"
3080 LOCATE 9,18:PRINT "2.- Ext.R1yR3 o R2yR4"
3090 GOSUB 3470
3100 LOCATE 17,2:PRINT CHR$(168)"Que disposici"CHR$(162)"n"
3110 LOCATE 19,2:PRINT "tiene Ud.?"
3120 A%=INKEY$
3130 IF A%="1" THEN 3150
3140 IF A%="2" THEN 3180 ELSE 3120
3150 LOCATE 19,13:PRINT "1"
3160 L=1:LPR=1
3170 GOTO 3200
3180 LOCATE 19,13:PRINT "2"
3190 L=2:LPR=2
3200 LOCATE 21,2:PRINT "C=Continuar"
3210 LOCATE 23,2:PRINT "R=Menu anterior"
3220 A%=INKEY$
3230 IF A%="c" THEN 3250
3240 IF A%="r" THEN 1030 ELSE 3220
3250 GOSUB 2550
3260 A=X/L
3270 IF A<0 THEN 3300
3280 S(1)=E*A/(1-K^2):S(2)=0:Z=0:H(1)=S(1):H(2)=0
3290 E(1)=S(1)/E:E(2)=-K*S(1)/E:S(3)=S(1)/2:E(3)=E(1)-E(2):F(1)=E(1):GOTO 3320
3300 S(2)=E*A/(1-K^2):S(1)=0:H(1)=S(2):Z=90:E(2)=S(2)/E:E(1)=-K*S(2)/E
3310 E(3)=E(1)-E(2):S(3)=S(2)/2:F(1)=E(2):F(2)=E(1):TMAX=S(3)
3310 E(3)=E(1)-E(2):S(3)=S(2)/2:F(1)=E(2):F(2)=E(1)
3320 LOCATE 12,6:PRINT "ASUMIENDO ESFUERZOS UNIAXIALES LOS RESULTADOS DE DEFORMA
CION SON:"
3330 LOCATE 14,5:PRINT "Ex ="F(1):" Micrometros/Metros"
3340 LOCATE 16,5:PRINT "E1 ="E(1):" Micrometros/Metros"
3350 LOCATE 18,5:PRINT "E2 ="E(2):" Micrometros/Metros":LOCATE 20,5:PRINT "Gamm
a xy max. ="E(3):" Microradianes"
3360 LOCATE 22,5:PRINT CHR$(233):"p ="Z:" Grados"
3370 LOCATE 23,35:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
3380 A%=INKEY$:IF A%="" THEN 3380
3390 CLS
3400 LOCATE 2,6:PRINT "LOS RESULTADOS DE ESFUERZO SON :"
3410 LOCATE 4,5:PRINT CHR$(229)" x ="H(1):" MPa"

```

```
3420 LOCATE 6,5:PRINT CHR$(229)" 1 =" ;S(1); " MPa"
3430 LOCATE 10,5:PRINT CHR$(231)" xy max. =" ;S(3); " MPa "
3440 LOCATE 12,5:PRINT CHR$(233);"p =" ;Z; " Grados"
3450 LOCATE 8,5:PRINT CHR$(229)" 2 =" ;S(2); " MPa"
3460 GOTO 9560
3470 REM SUBROUTINA GRAFICO PUENTE DE WHEATSTONE
3480 LINE (145,200)-(145,105)
3490 LINE (145,105)-(320,105)
3500 LINE (270,127)-(270,137)
3510 LOCATE 15,21:PRINT "PUENTE DE WHEATSTONE"
3520 LINE (270,189)-(270,179)
3530 LINE (239,179)-(301,179)
3540 LINE (239,137)-(301,137)
3550 LINE (239,158)-(301,158)
3560 LINE (239,137)-(239,179)
3570 LINE (301,137)-(301,179)
3580 LINE (239,158)-(301,158)
3590 LINE (175,157)-(175,127)
3600 LINE (175,127)-(270,127)
3610 LINE (175,189)-(175,167)
3620 LINE (175,189)-(270,189)
3630 LINE (265,156)-(275,160),,BF
3640 LINE (237,146)-(241,153),,BF
3650 LINE (299,164)-(303,171),,BF
3660 LINE (237,164)-(241,171),,BF
3670 LINE (299,146)-(303,153),,BF
3680 LINE (170,167)-(180,167)
3690 LINE (173,163)-(177,163)
3700 LINE (170,160)-(180,160)
3710 LINE (173,157)-(177,157)
3720 LOCATE 19,39:PRINT "R2"
3730 LOCATE 19,28:PRINT "R1"
3740 LOCATE 19,34:PRINT "RG"
3750 LOCATE 21,24:PRINT "E"
3760 LOCATE 22,28:PRINT "R4"
3770 LOCATE 22,39:PRINT "R3"
3780 RETURN
```

CAPITULO III

ROSETAS DE DEFORMACION

Las rosetas de deformación son una de las formas más versátiles para determinar el estado de deformaciones y con éste, si se conocen las propiedades del material, el estado de esfuerzos de un punto sobre la superficie de un elemento sometido a cargas.

Esta determinación es de singular importancia si se desea calcular el factor de seguridad real con el que se encuentra trabajando el elemento y así poder revisar y optimizar el diseño de cualquier elemento de máquina. Lo anteriormente explicado es el objetivo fundamental del análisis experimental de esfuerzos.

3.1 Sensitividad transversal

En esta sección del programa se presenta primero la opción de escoger si se tomará en consideración o no la sensitividad transversal de cada uno de los extensómetros de la roseta así como también los

factores del medidor individuales de los extensómetros y el colocado en el puente de Wheatstone (fig 3.1).

Las ecuaciones para la utilización de las rosetas de deformación se pueden encontrar en cualquier libro de resistencia de materiales, pero son escasas aquellas que consideran la sensibilidad transversal de los extensómetros de la roseta. Estas ecuaciones son presentadas más adelante. Para mayor información sobre la deducción de estas ecuaciones recomendamos la referencia bibliográfica 2.

Los extensómetros tienen un arreglo geométrico tal, que parte de él se encuentra en dirección perpendicular a la dirección axial del medidor, y por lo tanto una deformación en este sentido también será detectada por el medidor con un cambio en su resistencia. Este error debido a la deformación transversal es generalmente pequeño y se puede despreciar.

Sin embargo, hay ocasiones en que el efecto transversal es significativo y la lectura del medidor debe ser corregida. Las ecuaciones que se utilizan para considerar este efecto son extremadamente largas y es una de las secciones del programa que nos libra de un gran trabajo y pérdida innecesaria de tiempo.

3.2 Menú rosetas de deformación y gráficos explicativos

Luego de hacer la decisión para considerar la sensibilidad transversal, aparece el menú de rosetas de deformación con las opciones de la figura 3.2..

Al seleccionar cualesquiera de las rosetas arriba enumeradas aparecerá primero un gráfico mostrando la disposición de los extensómetros en la roseta y asignándole un nombre y un ángulo a cada uno de ellos. Así se evitarán confusiones al introducir los datos requeridos que es lo que se estudia en el siguiente subcapítulo.

Los gráficos de las rosetas que aparecen al hacer la elección se muestran en la figura 3.3.

3.3 Petición de datos

Los datos que se piden inicialmente son los siguientes:

1.- Lecturas de deformación del puente para cada extensómetro de la roseta.

2.- Si se trata de las opciones 5 ó 6 se piden los ángulos de disposición de los extensómetros.

Si se va a considerar la sensibilidad transversal de los extensómetros se piden además los siguientes datos adicionales.

3.- Sensibilidad transversal de cada uno de los

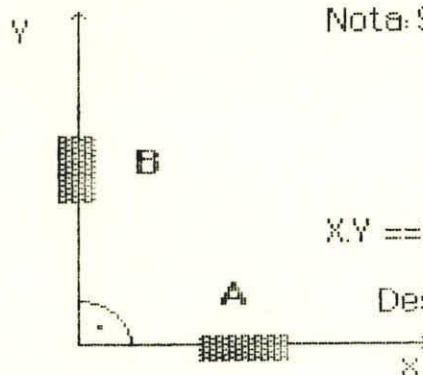
Con rosetas de deformación Ud. tiene 2 opciones:
1.- Considerar sensibilidad transversal y factores del medidor de cada extensómetro de la roseta y el factor del medidor en el puente de Wheatstone.
2.- Asumir consideraciones anteriores despreciables.
Pulse el número de la opción deseada
S Para terminar R Menú anterior

Fig. 3.1
Opción Sensibilidad Transversal

MENU ROSETAS DE DEFORMACION
1.- 2 EXTENSOMETROS PERPENDICULARES
2.- TIPO RECTANGULAR
3.- TIPO DELTA
4.- TIPO T-DELTA
5.- 3 EXTENSOMETROS EN CUALQUIER DIRECCION
6.- 4 EXTENSOMETROS EN CUALQUIER DIRECCION
PULSE NUMERO DE OPCION DESEADA
S PARA TERMINAR R MENU ANTERIOR

Fig. 3.2 Menú Rosetas de Deformación

Roseta de dos ext. perpendiculares



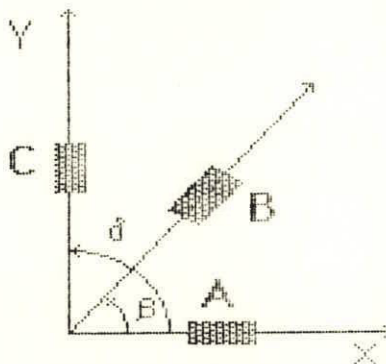
Nota: Si desea determinar el estado de deformaciones biaxial en un punto con este tipo de roseta deberá conocer las direcciones principales.

X,Y ==> Direcciones principales

Desea continuar (s/n) ?

Opción 1

Roseta tipo rectangular



Una roseta de este tipo tiene la siguiente configuración :

Alfa = 0°

Beta = 45°

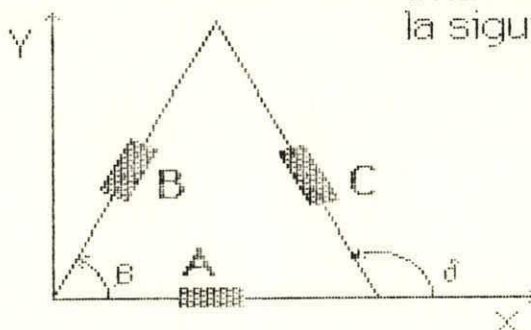
Delta = 90°

C = Continuar

R = Menú anterior

Opción 2

Roseta tipo delta



Una roseta de este tipo tiene la siguiente configuración:

Alfa = 0°

Beta = 60°

Delta = 120°

C = Continuar

R = Menú anterior

Opción 3

Fig. 3.3
Rosetas de Deformación

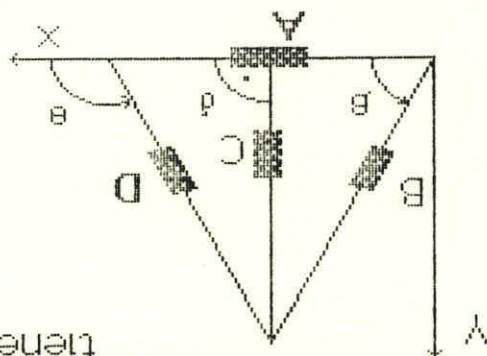
Roseta tipo T - Delta

Una roseta de este tipo
tiene la siguiente configuración :

$\text{Alfa} = 0^\circ$
 $\text{Beta} = 60^\circ$
 $\text{Delta} = 90^\circ$
 $\text{Teta} = 120^\circ$

C = Continuar
 R = Menu anterior

Opción 4



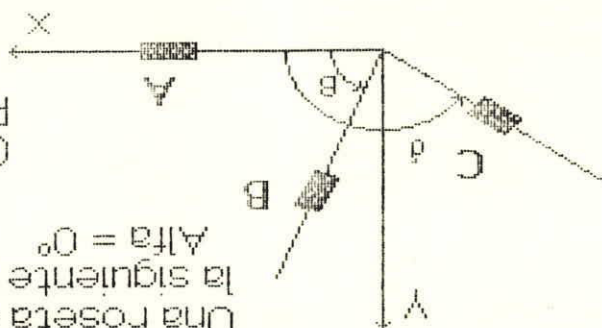
Roseta de 3 ext. en cualq. dirección

Una roseta de este tipo tiene
la siguiente configuración :

$\text{Alfa} = 0^\circ$

C = Continuar
 R = Menu anterior

Opción 5

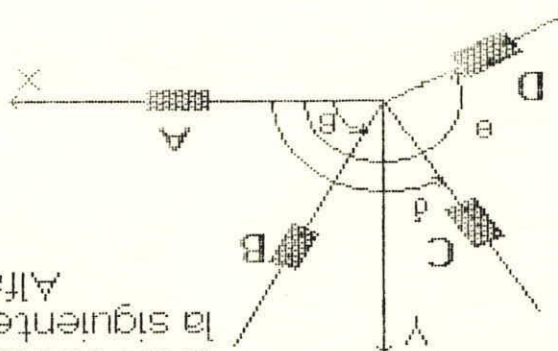


Roseta de 4 ext. en cualq. dirección

Una roseta de este tipo tiene
la siguiente configuración :

$\text{Alfa} = 0^\circ$

C = Continuar
 R = Menu anterior



Opción 6

Fig. 3.3
Rosetas de deformación

extensómetros de la roseta.

4.- Factores del medidor de los extensómetros y el colocado en el equipo sensor de deformaciones o puente de Wheatstone.

5.- Coeficiente de Poisson del material ensayado.

Para explicar como se procesan todos estos datos para determinar el estado de deformaciones es necesario separar las opciones en tres grupos:

1.- Opción 1 con dos extensómetros en la cual se conocen las direcciones principales.

2.- Opciones 2,3 y 5 con rosetas de deformación de tres extensómetros.

3.- Opciones 4 y 6 con rosetas de cuatro extensómetros cada una.

3.4 Cálculos con 2 extensómetros

Las rosetas de dos extensómetros perpendiculares entre sí se utilizan cuando se conocen las direcciones principales de las deformaciones.

Si se va a considerar la sensibilidad transversal se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$\epsilon_a = \frac{F_{Mp} * (1 - \mu * K_{ta})}{F_{Ma} (1 - K_{ta} * K_{tb})} \epsilon_a' - \frac{K_{ta} * F_{Mp} (1 - \mu * K_{tb})}{F_{Mb} (1 - K_{ta} * K_{tb})} \epsilon_b'$$

$$\epsilon_b = \frac{F_{Mp} * (1 - \mu * K_{tb})}{F_{Mb} (1 - K_{ta} * K_{tb})} \epsilon_b' - \frac{K_{tb} * F_{Mp} (1 - \mu * K_{ta})}{F_{Ma} (1 - K_{ta} * K_{tb})} \epsilon_a'$$

donde :

F_{Mp} $\equiv$ Factor del medidor en el puente de Wheatstone
 F_{Ma} y F_{Mb} $\equiv$ Factores del medidor de los extensómetros
 K_{ta}, K_{tb} $\equiv$ Sensitividad transversal de extensómetros
 ϵ_a', ϵ_b' $\equiv$ Lecturas de deformación medidas por el
 puente

ϵ_a, ϵ_b $\equiv$ Deformación real en la dirección de los ex-
 tensómetros

La deformaciones principales serán las de ϵ_a y ϵ_b
 siendo ϵ_1 siempre la mayor de las dos y ϵ_2 la menor.

3.5 Cálculos con rosetas de tres extensómetros

Existen varios tipos de rosetas de tres extensómetros normalizadas como las tipo rectangular y la delta de las opciones 2 y 3, pero también es posible fabricar su propia roseta de tres extensómetros colocándolos en una disposición angular aleatoria siempre que no los coloquemos a 180 ± 5 grados entre si para evitar errores.

Los ángulos beta (β) y delta (δ) son aquellos a los que está dispuestos los extensómetros B y C respectivamente. Al extensómetro A se lo alinea con el eje x que nosotros escojamos (ver Fig. 3.3).

Con la opción 2 : $\alpha = 0^\circ$; $\beta = 45^\circ$ y $\delta = 90^\circ$.

Con la opción 3 : $\alpha = 0^\circ$; $\beta = 60^\circ$ y $\delta = 120^\circ$.

Con la opción 5 : $\alpha = 0^\circ$; β y δ tienen el valor que es ingresado.

En este caso para corregir los datos considerando sensibilidad transversal es necesario resolver un sistema de ecuaciones. Estas ecuaciones son deducidas con ayuda del círculo de Mohr para deformaciones. Las deformaciones son escritas en términos de dos direcciones arbitrarias mutuamente perpendiculares que son llamadas axial y normal y ángulos de referencia correspondientes. Haciendo algunos cálculos trigonométricos y relacionando las ecuaciones se obtiene finalmente el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\epsilon_a' \left[\frac{F_{mp}}{F_{ma}} (1 - \mu * K_{ta}) \right] =$$

$$\epsilon_a (1 + K_{ta} * C_{11}) + \epsilon_b * K_{ta} * C_{12} + \epsilon_c * K_{ta} * C_{13}$$

$$\epsilon_b' \left[\frac{F_{Mp}}{F_{Mb}} (1 - \mu * K_{tb}) \right] =$$

$$\epsilon_a * K_{tb} * C_{21} + \epsilon_b (1 + K_{tb} * C_{22}) + \epsilon_c * K_{tb} * C_{23}$$

$$\epsilon_c' \left[\frac{F_{Mp}}{F_{Mc}} (1 - \mu * K_{tc}) \right] =$$

$$\epsilon_a * K_{tc} * C_{31} + \epsilon_b * K_{tc} * C_{32} + \epsilon_c (1 + K_{tc} * C_{33})$$

$$\text{donde: } C_{11} = (\text{sen}2(\delta - \beta) + \text{sen}2\delta - \text{sen}2\beta) / n$$

$$C_{12} = (- 2\text{sen}2\delta) / n$$

$$C_{13} = (2\text{sen}2\beta) / n$$

$$C_{21} = (2\text{sen}2(\delta - \beta)) / n$$

$$C_{22} = (\text{sen}2(\beta - \delta) - \text{sen}2\delta - \text{sen}2\beta) / n$$

$$C_{23} = (2\text{sen}2\beta) / n$$

$$C_{31} = (2\text{sen}2(\beta - \delta)) / n$$

$$C_{32} = (-2\text{sen}2\delta) / n$$

$$C_{33} = (\text{sen}2(\beta - \delta) + \text{sen}2\beta + \text{sen}2\delta) / n$$

$$n = \text{sen}2(\delta - \beta) + \text{sen}2\delta - \text{sen}2\beta$$

$\epsilon_a', \epsilon_b', \epsilon_c'$ = Lecturas de deformación sensadas por el puente

$K_{ta}, K_{tb}, K_{tc} \equiv$ Sensitividad transversal de los extensómetros

$F_{Mp} \equiv$ Factor del medidor en el puente de Wheatstone

$F_{Ma}, F_{Mb}, F_{Mc} \equiv$ Factores del medidor de los extensómetros

$\mu \equiv$ Coeficiente de Poisson del material ensayado

Una vez corregidos los datos de deformación de los extensómetros se procede a determinar el estado de deformaciones en el plano xy que hemos escogido:

Para la roseta rectangular:

$$\epsilon_x = \epsilon_a$$

$$\epsilon_y = \epsilon_c$$

$$\Gamma_{xy} = 2\epsilon_b - \epsilon_a - \epsilon_c$$

Para la roseta delta :

$$\epsilon_x = \epsilon_a$$

$$\epsilon_y = [2(\epsilon_b + \epsilon_c) - \epsilon_a] / 3$$

$$\Gamma_{xy} = [2\sqrt{3}(\epsilon_b - \epsilon_c)] / 3$$

Para la roseta de tres extensómetros en cualquier dirección se resuelve un sistema de ecuaciones :

$$\epsilon_a = \epsilon_x$$

$$\epsilon_b = \epsilon_x \cos^2 \beta + \epsilon_y \sin^2 \beta + \gamma_{xy} \sin \beta \cos \beta$$

$$\epsilon_c = \epsilon_x \cos^2 \delta + \epsilon_y \sin^2 \delta + \gamma_{xy} \sin \delta \cos \delta$$

3.6 Cálculos con rosetas de cuatro extensómetros

Una roseta de estas características provee una lectura extra para analizar la deformación. Es aconsejable para chequear los valores obtenidos por la roseta, usar las ecuaciones para 3 extensómetros en las cuatro combinaciones posibles de tres sensores que se pueden realizar con ésta roseta. Todas las cuatro soluciones deberán ser aproximadamente iguales. En su defecto se puede concluir que por lo menos uno de los medidores no está otorgando buenas lecturas.

Para corregir los datos considerando sensibilidad transversal se resuelve otro sistema de ecuaciones que es deducido de manera similar al utilizado para 3 extensómetros.

Con la opción 4: $\alpha = 0^\circ$; $\beta = 60^\circ$; $\delta = 90^\circ$ y $\theta = 120^\circ$

Con la opción 6: $\alpha = 0^\circ$; β, δ y θ tienen el valor que es ingresado.

En la Fig. 3.3 también se encuentran graficadas estas rosetas. El sistema de ecuaciones es :

$$C_{an} * \epsilon_a' \left[\frac{F_{mp}}{F_{ma}} (1 - \mu * K_{ta}) \right] = C_{an} * \epsilon_a (1 - K_{ta})$$

$$+ \epsilon_b * K_{ta} * C_{12} + \epsilon_c * K_{ta} * C_{13} + \epsilon_d * K_{ta} * C_{14}$$

$$C_{bn} * \epsilon_b' \left[\frac{F_{Mp}}{F_{Mb}} (1 - \mu * K_{tb}) \right] = \epsilon_a * K_{tb} * C_{21}$$

$$+ C_{bn} * \epsilon_b(1 - K_{tb}) + \epsilon_c * K_{tb} * C_{23} + \epsilon_d * K_{tb} * C_{24}$$

$$C_{cn} * \epsilon_c' \left[\frac{F_{Mp}}{F_{Mc}} (1 - \mu * K_{tc}) \right] = \epsilon_a * K_{tc} * C_{31}$$

$$+ \epsilon_b * K_{tc} * C_{32} + C_{cn} * \epsilon_c(1 - K_{tc}) + \epsilon_d * K_{tc} * C_{34}$$

$$C_{dn} * \epsilon_d' \left[\frac{F_{Mp}}{F_{Md}} (1 - \mu * K_{td}) \right] = \epsilon_a * K_{td} * C_{41}$$

$$+ \epsilon_b * K_{td} * C_{42} + \epsilon_c * K_{td} * C_{43} + C_{dn} * \epsilon_d(1 - K_{td})$$

donde :

$$C_{an} \equiv C_{11} = \sin^2(\delta - \beta) + \sin^2(\theta - \delta) + \sin^2(\beta - \theta)$$

$$C_{12} = 2\sin^2(\theta - \delta)$$

$$C_{13} = -2\sin^2(\theta - \beta)$$

$$C_{14} = 2\sin^2(\delta - \beta)$$

$$C_{21} = 2\sin^2(\theta - \delta)$$

$$C_{bn} \equiv C_{22} = \sin^2\delta + \sin^2(\theta - \delta) - \sin^2\theta$$

$$C_{23} = -2\text{sen}2\theta$$

$$C_{24} = 2\text{sen}2\delta$$

$$C_{31} = 2\text{sen}2(\theta-\beta)$$

$$C_{32} = -2\text{sen}2\theta$$

$$C_{cn} = C_{33} = \text{sen}2\beta + \text{sen}2(\theta-\beta) - \text{sen}2\theta$$

$$C_{34} = 2\text{sen}2\beta$$

$$C_{41} = -2\text{sen}2(\delta-\beta)$$

$$C_{42} = 2\text{sen}2\delta$$

$$C_{43} = -2\text{sen}2\beta$$

$$C_{dn} = \text{sen}2\delta - \text{sen}2(\delta-\beta) - \text{sen}2\beta$$

Luego de haber corregido los datos considerando la sensibilidad transversal se determina el estado de deformaciones en xy pero el sistema de ecuaciones resultante es :

$$\epsilon_a = \epsilon_x$$

$$\epsilon_b = \epsilon_x * \cos^2\beta + \epsilon_y * \text{sen}^2\beta + \gamma_{xy} * \text{sen}\beta * \cos\beta$$

$$\epsilon_c = \epsilon_x * \cos^2\delta + \epsilon_y * \text{sen}^2\delta + \gamma_{xy} * \text{sen}\delta * \cos\delta$$

$$\epsilon_d = \epsilon_x * \cos^2\theta + \epsilon_y * \text{sen}^2\theta + \gamma_{xy} * \text{sen}\theta * \cos\theta$$

Este sistema es sobredeterminado: tenemos 4

ecuaciones con 3 incógnitas, por lo tanto se debe hacer un ajuste por el método de los mínimos cuadrados para obtener una sistema de 3 ecuaciones con 3 incógnitas que se escribe a continuación:

$$\epsilon_a + \epsilon_b \cos^2 \beta + \epsilon_c \cos^2 \delta + \epsilon_d \cos^2 \theta =$$

$$\epsilon_x \left(1 + \cos^4 \beta + \cos^4 \delta + \cos^4 \theta \right)$$

$$+ \epsilon_y \left(\cos^2 \beta \sin^2 \beta + \cos^2 \delta \sin^2 \delta + \cos^2 \theta \sin^2 \theta \right)$$

$$+ \gamma_{xy} \left(\cos^3 \beta \sin \beta + \cos^3 \delta \sin \delta + \cos^3 \theta \sin \theta \right)$$

$$\epsilon_b \sin^2 \beta + \epsilon_c \sin^2 \delta + \epsilon_d \sin^2 \theta =$$

$$\epsilon_x \left(\cos^2 \beta \sin^2 \beta + \cos^2 \delta \sin^2 \delta + \cos^2 \theta \sin^2 \theta \right)$$

$$+ \epsilon_y \left(\sin^4 \beta + \sin^4 \delta + \sin^4 \theta \right)$$

$$+ \gamma_{xy} \left(\sin^3 \beta \cos \beta + \sin^3 \delta \cos \delta + \sin^3 \theta \cos \theta \right)$$

$$\epsilon_b (\sin \beta \cos \beta) + \epsilon_c (\sin \delta \cos \delta) + \epsilon_d (\sin \theta \cos \theta) =$$

$$\epsilon_x \left(\cos^3 \beta \sin \beta + \cos^3 \delta \sin \delta + \cos^3 \theta \sin \theta \right)$$

$$+ \epsilon_y \left(\sin^3 \beta \cos \beta + \sin^3 \delta \cos \delta + \sin^3 \theta \cos \theta \right)$$

$$+ \gamma_{xy} \left(\cos^2 \beta \sin^2 \beta + \cos^2 \delta \sin^2 \delta + \cos^2 \theta \sin^2 \theta \right)$$

3.7 Cálculos de deformaciones principales

Exceptuando la opción 1 las deformaciones principales se determinan utilizando las siguientes ecuaciones.

$$\epsilon_1 = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + \gamma_{xy}^2}$$

$$\epsilon_2 = \frac{\epsilon_x + \epsilon_y}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + \gamma_{xy}^2}$$

$$\gamma_{xy \text{ max.}} = \frac{1}{2} \sqrt{(\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + \gamma_{xy}^2}$$

El ángulo θ_p entre el eje x y el eje principal 1 se lo determina :

$$\theta' = .5 * \arctan (\gamma_{xy} / (\epsilon_x - \epsilon_y))$$

Si $\gamma_{xy} > 0$ y $\epsilon_x > \epsilon_y$ entonces $\theta_p = \theta'$

Si $\epsilon_x < \epsilon_y$ entonces $\theta_p = \theta' + 90^\circ$

Si $\gamma_{xy} < 0$ y $\epsilon_x > \epsilon_y$ entonces $\theta_p = \theta' + 180^\circ$

Si $\epsilon_x = \epsilon_y$ entonces $\theta_p = 45^\circ$

3.8 Cálculo de estados de esfuerzos

Una vez impresos estos resultados por pantalla se pregunta si se desean calcular los estados de esfuerzos. Si la respuesta es afirmativa se pedirá el

módulo de elasticidad del material y el coeficiente de Poisson.

Con estos datos y los resultados anteriores se calcula el estado de esfuerzos cartesianos y el estado de esfuerzos principales.

$$\sigma_x = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_x + \mu \epsilon_y)$$

$$\sigma_y = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_y + \mu \epsilon_x)$$

$$\tau_{xy} = \frac{E * \gamma_{xy}}{2(1 + \mu)}$$

$$\sigma_1 = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_1 + \mu \epsilon_2)$$

$$\sigma_2 = \frac{E}{1-\mu^2} (\epsilon_2 + \mu \epsilon_1)$$

$$\tau_{xy \text{ max.}} = \frac{1}{2} (\sigma_1 - \sigma_2)$$

El cortante máximo en el plano xy no es necesariamente el mayor y éste se lo calcula así:

$$\text{Si } \sigma_1 \geq 0 \text{ y } \sigma_2 \leq 0 \implies \tau_{\text{max.}} = \tau_{xy \text{ max.}}$$

$$\text{Si } \sigma_1 > 0 \text{ y } \sigma_2 > 0 \implies \tau_{\text{max.}} = \sigma_1/2$$

$$\text{Si } \sigma_1 < 0 \text{ y } \sigma_2 \leq 0 \implies \tau_{\text{max.}} = -\sigma_2/2$$

Los resultados son mostrados e inmediatamente se pregunta si se desea graficar el círculo de Mohr para esfuerzos. En este punto es donde también converge el programa procedente de los casos especiales con extensómetros simples.

Este gráfico proporciona al usuario una idea más clara de la distribución de esfuerzos en el punto de estudio. Se hace el dibujo a escala correlacionando los resultados que se tienen con el número de "pixels" que tiene la pantalla gráfica 2.

3.9 Teorías de falla estática

Se grafique o no el círculo de Mohr se pregunta si se desea calcular la teoría de falla estática y si la respuesta es afirmativa se consulta si el material es frágil o dúctil para aplicar la teoría correspondiente.

3.9.1 teoría de falla para materiales frágiles

La teoría de falla utilizada para el caso de materiales frágiles es la teoría de Coulomb - Mohr que es un tanto conservadora pero para fines de diseño es recomendable.

Las ecuaciones para calcular el factor de seguridad son:

1) Si $\sigma_1 > 0$ y $\sigma_2 \geq 0$

$$n = S_{ut} / \sigma_1$$

2) Si $\sigma_1 > 0$ y $\sigma_2 < 0$

$$n = \left[\frac{\sigma_1}{S_{ut}} - \frac{\sigma_2}{S_{uc}} \right]^{-1}$$

3) Si $\sigma_1 \leq 0$ y $\sigma_2 < 0$

$$n = - S_{uc} / \sigma_2$$

Siendo S_{ut} y S_{uc} valores positivos.

Por lo tanto los datos que se ingresan son: La resistencia última de compresión y la resistencia última de tensión del material; ambos como valores positivos.

El resultado de n se muestra en pantalla y se pregunta si se desea graficar la teoría de falla. La Fig. 3.4 muestra un esquema de lo que se presenta en pantalla si se decide graficar la teoría.

Teoría de Falla Coulomb-Mohr

+ = Estado de esfuerzos

$\sigma_1 = A$

$\sigma_2 = B$

n = Calculado según teoría

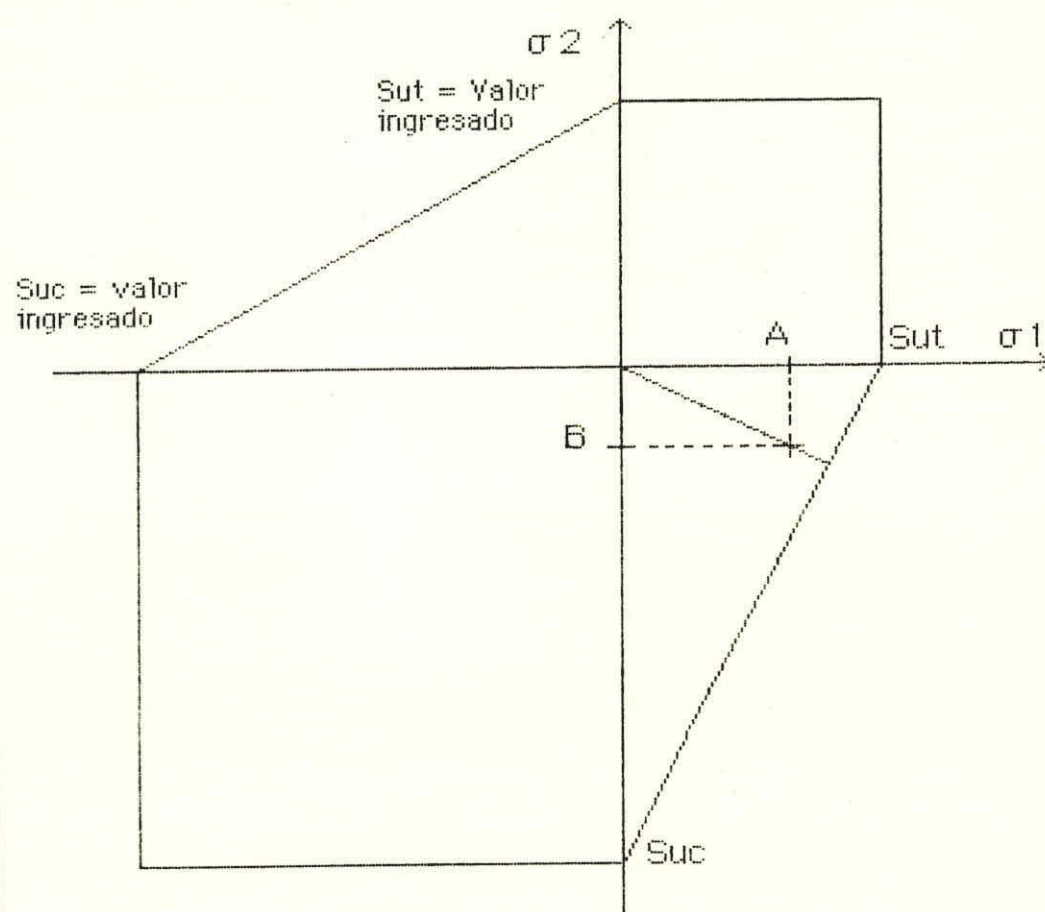


Fig.3.4

Grafico de Falla Frágil

3.9.2 Teoría de falla para materiales dúctiles

Una de las teorías de falla estática para materiales dúctiles más utilizada y aceptada es la teoría de falla de Von Misses - Henky o de la máxima energía de distorsión que es la utilizada en este programa.

La única ecuación utilizada para determinar el factor de seguridad es la sgte.:

$$n = \frac{S_y}{\sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2^2}}$$

En esta ecuación se considera de antemano que existe un esfuerzo en la dirección perpendicular al plano que es igual a cero.

El dato adicional que se pide es el límite de fluencia S_y del material. El factor de seguridad es calculado y mostrado por pantalla.

Se pregunta a continuación si se desea graficar la teoría de falla (Fig.3.5).

Finalmente una vez que se ha terminado de hacer

Teoría de falla de Von Mises

+ = Estado de esfuerzos

S_y = Valor ingresado

$\sigma_1 = A$ $\sigma_2 = B$

n = Calculado según teoría

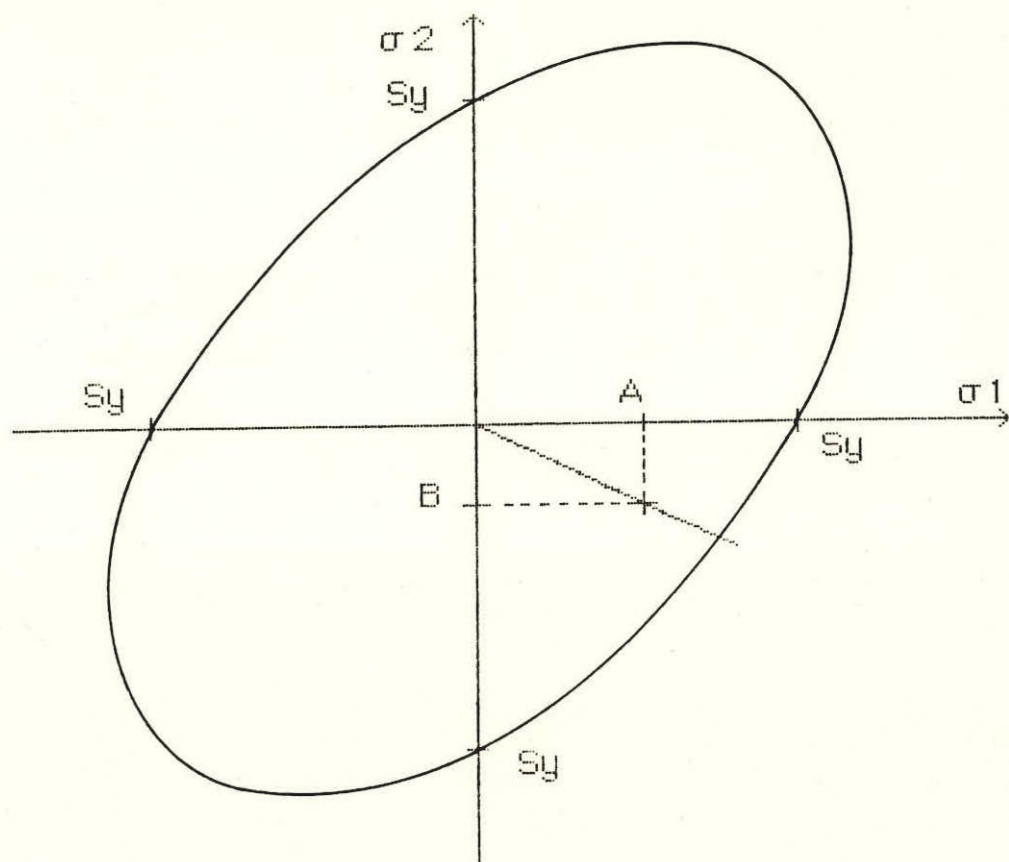
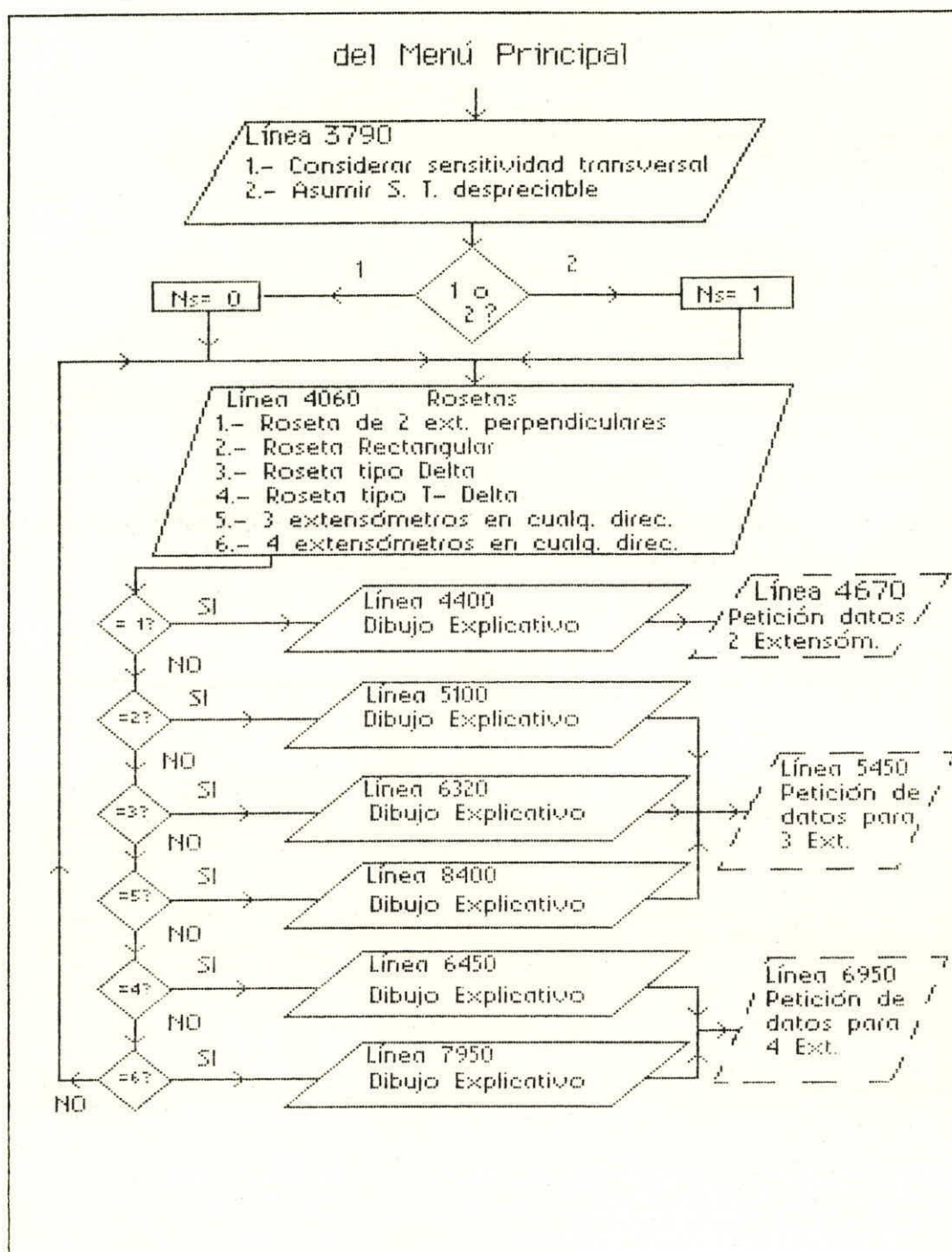


Fig.3.5

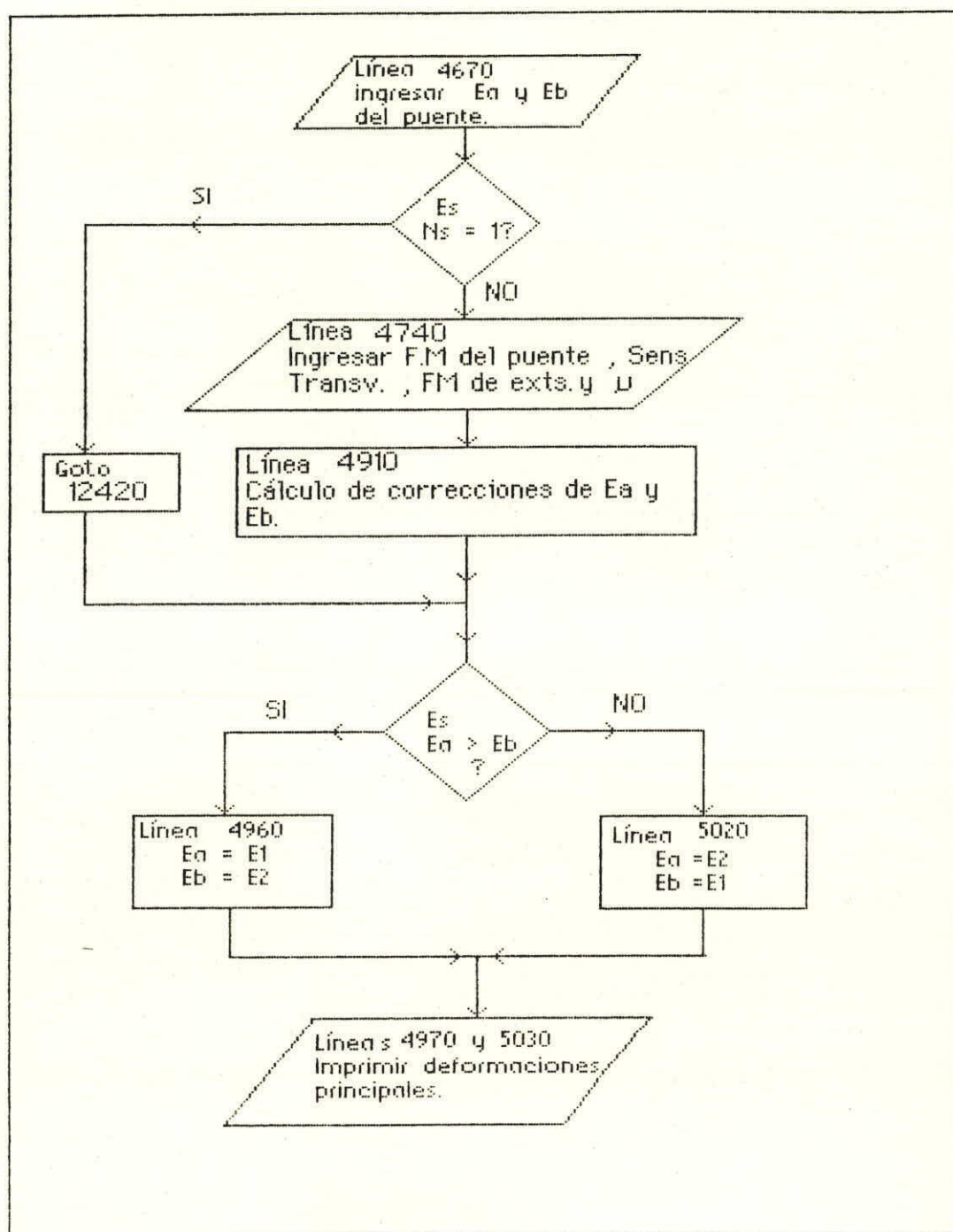
Gráfico de Falla Dúctil

todos los cálculos que se han requerido, se tiene la opción de obtener los resultados por impresora. Los listados que se presentan luego contienen además de lo descrito en este capítulo, algunas subrutinas que se utilizan cuando han sido ingresados datos absurdos.

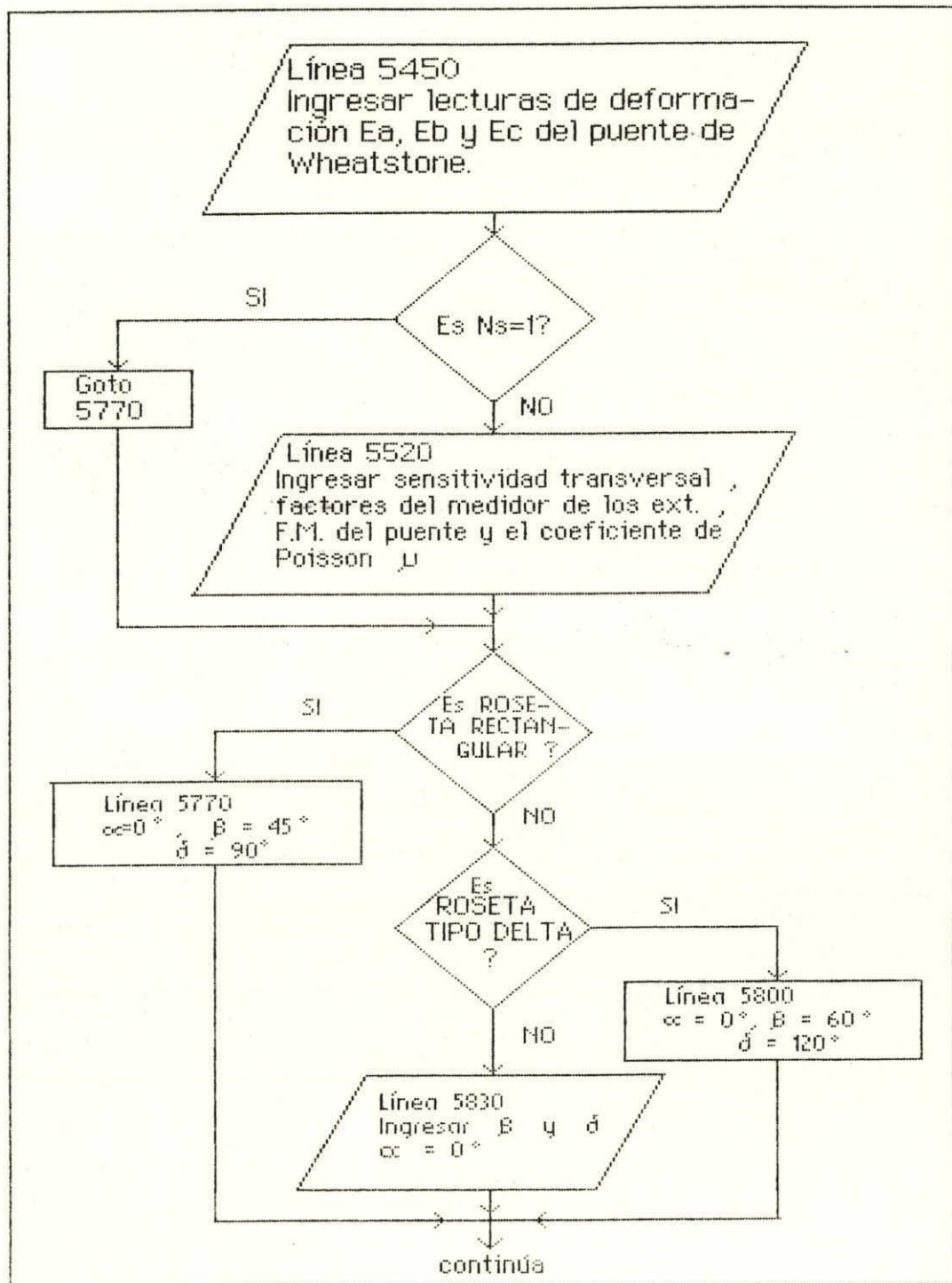
3.10 Diagrama de flujo del menú de rosetas

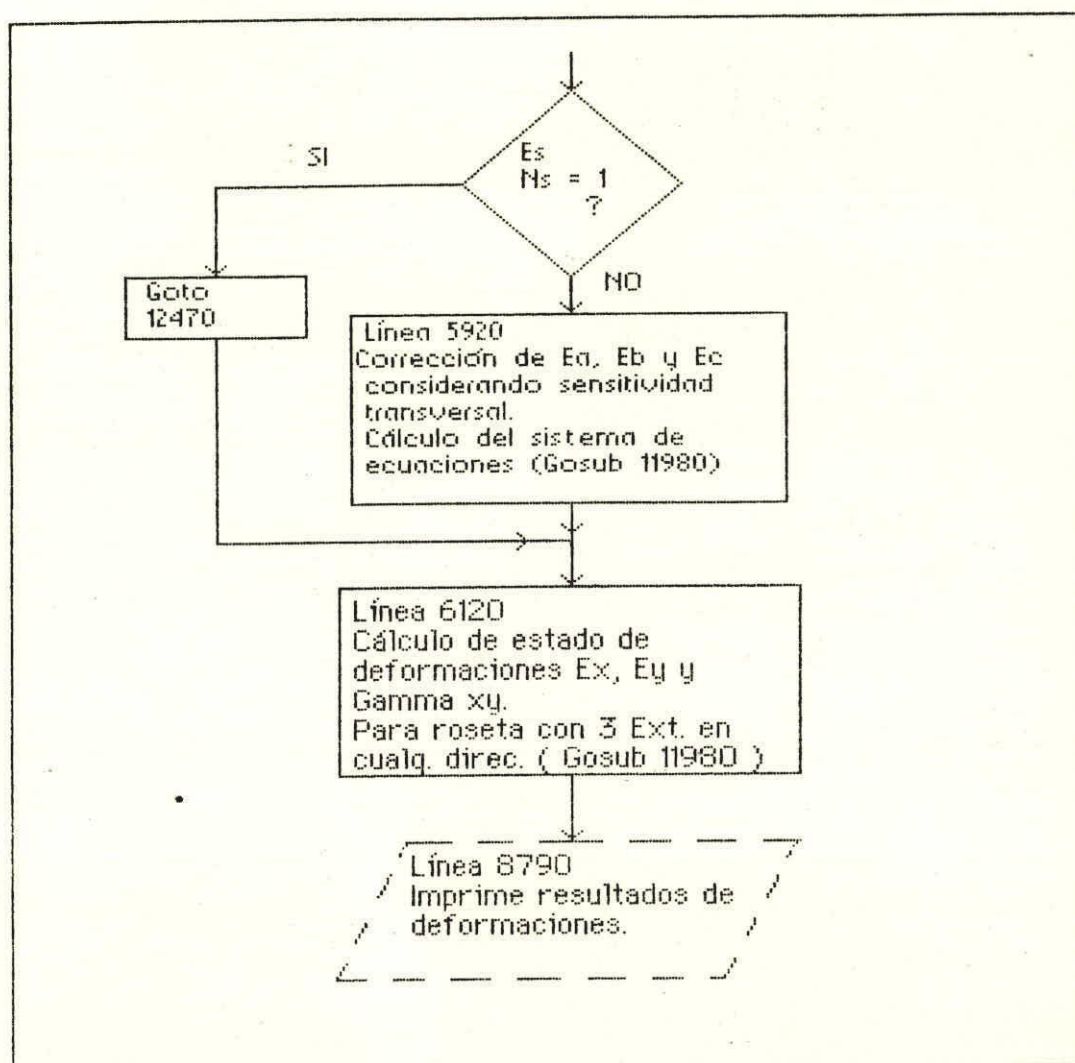


3.11 Diagrama de flujo para rosetas de dos extensómetros

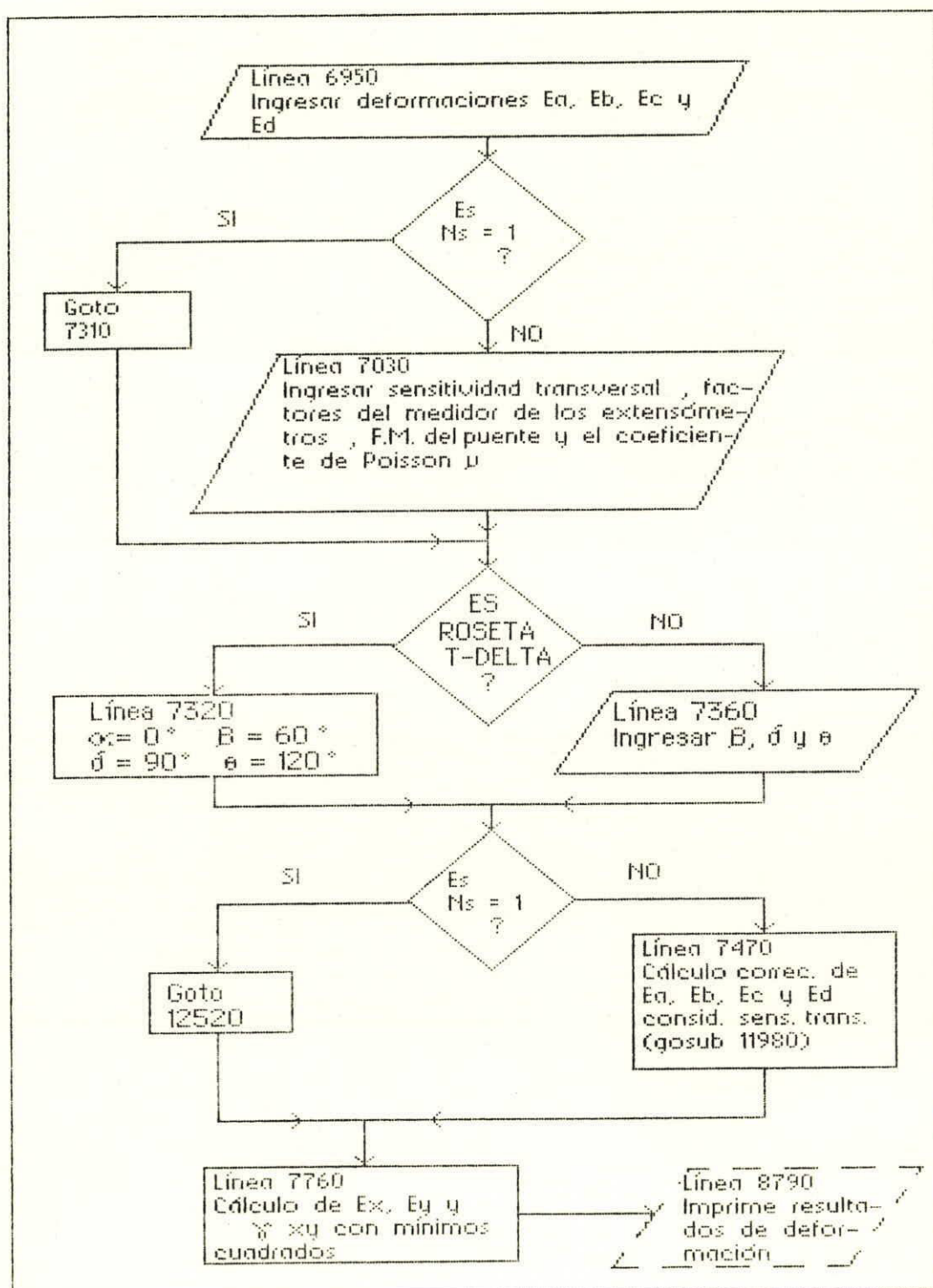


3.12 Diagrama de flujo para rosetas de tres extensómetros

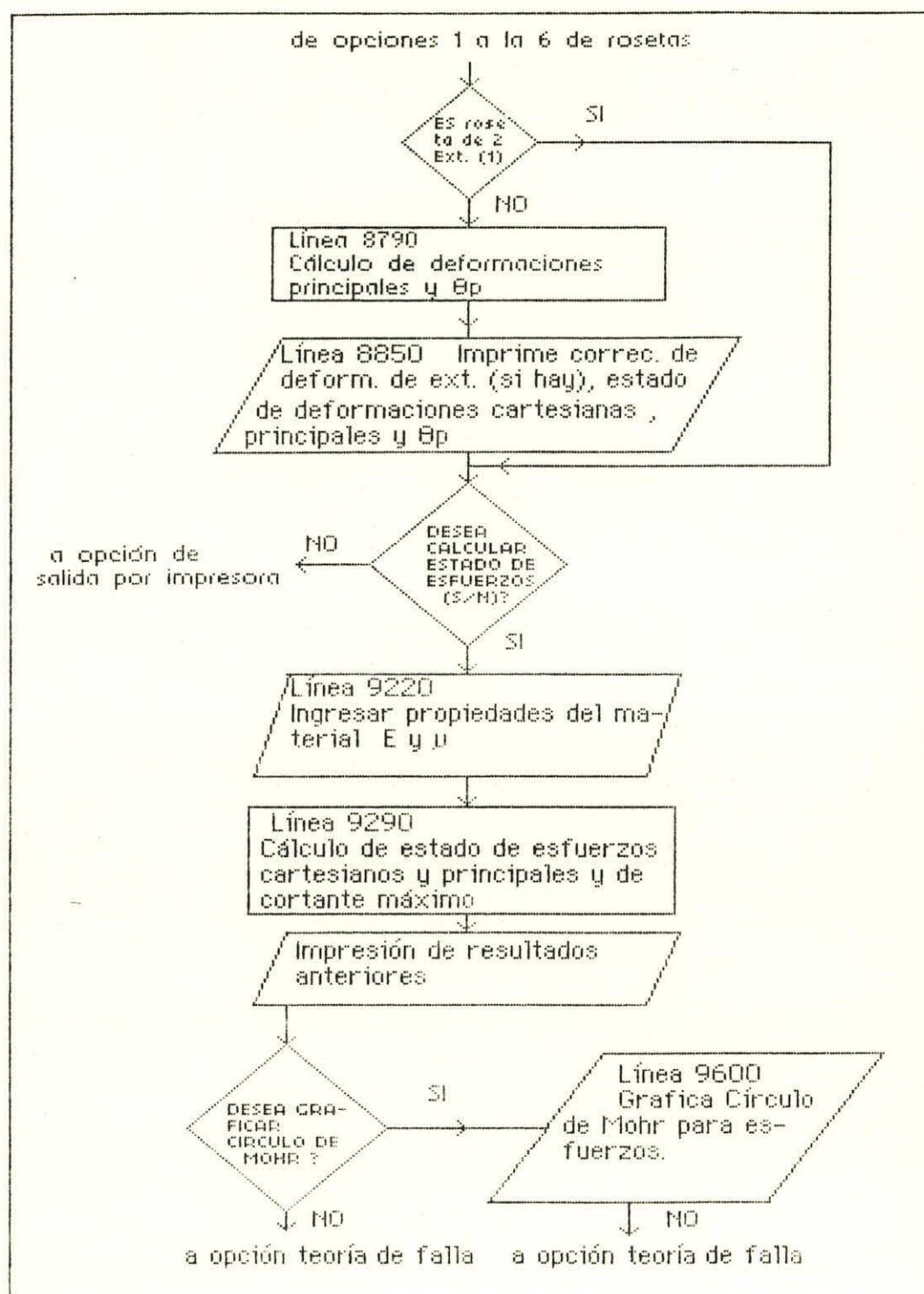




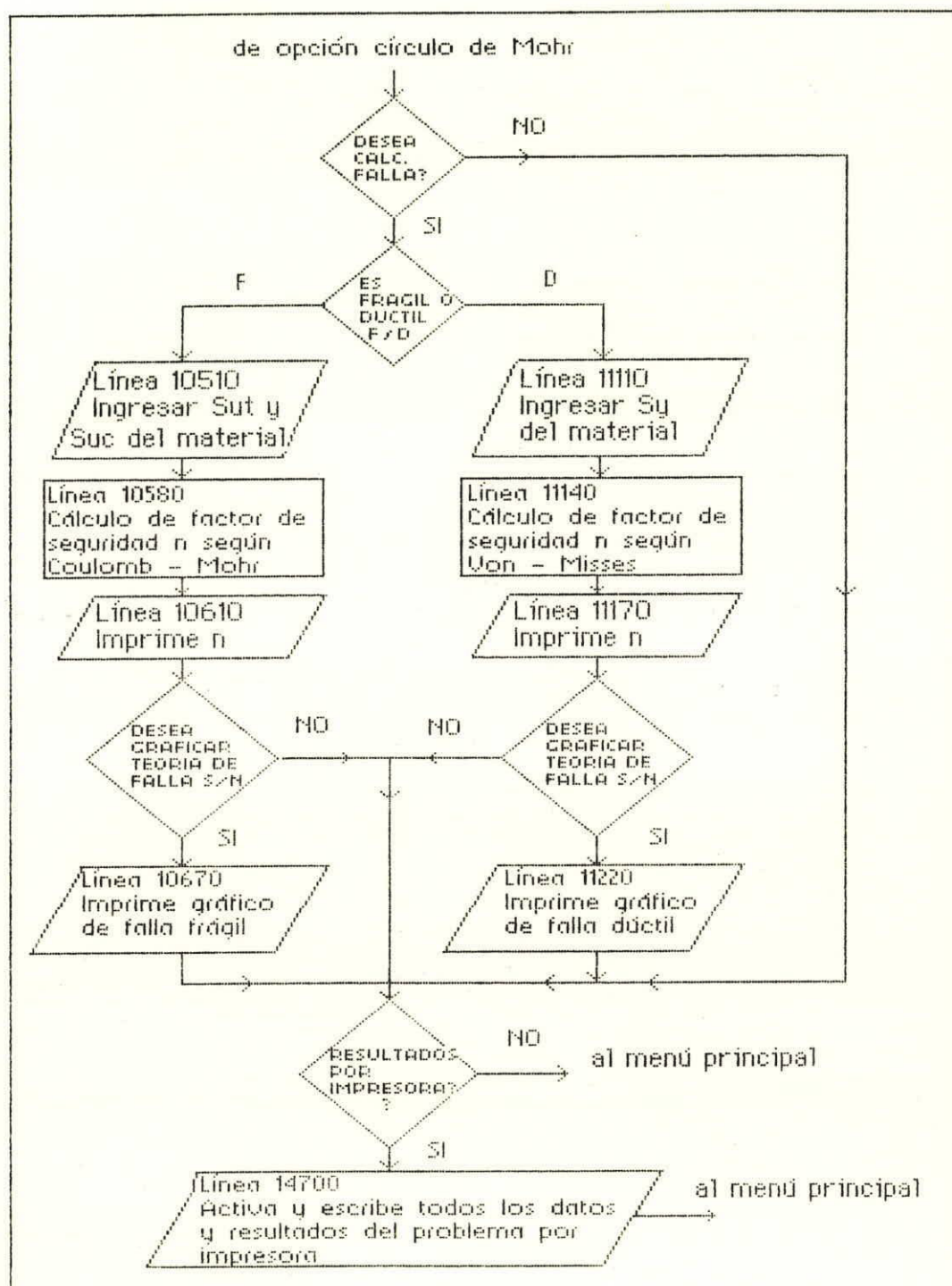
3.13 Diagrama de flujo para rosetas de cuatro extensómetros



3.14 Diagrama de flujo para calcular esfuerzos y deformaciones



3.15 Diagrama de flujo para teorías de falla



3.16 Listado del programa para rosetas de deformación

```

3790 REM pantalla eleccion de sensibilidad
3800 SCREEN 2:SCREEN 0,0,0
3810 CLS:COLOR 2,0,2:AVI=1
3820 NS=0:SENT$=" CONSIDERANDO SENSITIVIDAD TRANSVERSAL"
3830 LOCATE 3,6:PRINT"Con rosetas de deformaci"CHR$(162)"n Ud. tiene 2 opciones:

3840 FOR YU=1 TO 80 :LOCATE 6,YU:PRINT CHR$(220)
3850 NEXT YU
3860 LOCATE 9,5
3870 PRINT "1.- Considerar sensibilidad transversal y factores del medidor de ca
da"
3880 LOCATE 11,9
3890 PRINT "extens"CHR$(162)"metro de la roseta y el factor del medidor en el pu
nte de "
3900 LOCATE 13,9
3910 PRINT "Wheatstone."
3920 LOCATE 16,5
3930 PRINT "2.- Asumir consideraciones anteriores despreciables."
3940 FOR YU=1 TO 80 :LOCATE 19,YU:PRINT CHR$(220)
3950 NEXT YU
3960 LOCATE 21,20
3970 PRINT "Pulse el n"CHR$(163)"mero de la opci"CHR$(162)"n deseada"
3980 LOCATE 23,17
3990 PRINT "S Para terminar          R Menu anterior"
4000 A$=INKEY$
4010 IF A$="1" THEN 4070
4020 IF A$="2" THEN 4050
4030 IF A$="s" THEN 2850
4040 IF A$="r" THEN 710 :ELSE 4000
4050 NS=1:SENT$=" SIN CONSIDERAR SENSITIVIDAD TRANSVERSAL"
4060 REM pantalla menu rosetas
4070 SCREEN 2:SCREEN 0,0,0
4080 CLS:COLOR 2,0,2
4090 LOCATE 2,22
4100 PRINT " MENU  ROSETAS DE DEFORMACION "
4110 FOR YU=1 TO 80 :LOCATE 4,YU :PRINT CHR$(220)
4120 NEXT YU
4130 LOCATE 6,22
4140 PRINT " 1.- 2 EXTENSOMETROS PERPENDICULARES"
4150 LOCATE 8,22
4160 PRINT " 2.- TIPO RECTANGULAR"
4170 LOCATE 10,22
4180 PRINT " 3.- TIPO DELTA"
4190 LOCATE 12,22
4200 PRINT " 4.- TIPO T-DELTA"
4210 LOCATE 14,22
4220 PRINT " 5.- 3 EXTENSOMETROS EN CUALQUIER DIRECCION"
4230 LOCATE 16,22

```



```

4240 PRINT " 6.- 4 EXTENSOMETROS EN CUALQUIER DIRECCION"
4250 FOR YU=1 TO 80 :LOCATE 18,YU :PRINT CHR$(220)
4260 NEXT YU
4270 LOCATE 21,22
4280 PRINT "PULSE NUMERO DE OPCION DESEADA"
4290 LOCATE 23,18
4300 PRINT "S PARA TERMINAR          R MENU ANTERIOR"
4310 A$=INKEY$
4320 IF A$="1" THEN 4400
4330 IF A$="2" THEN 5100
4340 IF A$="3" THEN 6320
4350 IF A$="4" THEN 6450
LIST 7490
4360 IF A$="5" THEN 8400
4370 IF A$="6" THEN 7950
4380 IF A$="s" THEN 2850
4390 IF A$="r" THEN 3790: ELSE 4310
4400 REM pantalla roseta 2 extensometros
4410 CLS:SCREEN 1
4420 COLOR 1,1:X=1:ROSE =1
4430 TR$="UNA ROSETA DE DOS EXTENSOMETROS PERPENDICULARES"
4440 LOCATE 3,4:PRINT "Nota : Si desea determinar el estado"
4450 LOCATE 5,3:PRINT "de deformaciones biaxial en un punto"
4460 LOCATE 7,3:PRINT "con este tipo de roseta deber"CHR$(160)" cono-"
4470 LOCATE 9,3:PRINT "cer las direcciones principales."
4480 LINE (50,100)-(53,108)
4490 LINE (50,100)-(47,108)
4500 LINE (50,100)-(50,180)
4510 LINE (50,180)-(150,180)
4520 LINE (150,180)-(140,177)
4530 LINE (150,180)-(140,183)
4540 LINE (46,130)-(54,150),7,BF
4550 LINE (88,176)-(112,184),7,BF
4560 LOCATE 18,8:PRINT "B"
4570 LOCATE 22,13:PRINT "A"
4580 CIRCLE (50,180),12,,0,3.14/2
4590 PSET (54,176)
4600 LOCATE 12,15:PRINT "X,Y ==> Direc. Princ."
4610 LOCATE 13,8:PRINT "Y"
4620 LOCATE 23,20:PRINT "X"
4630 LOCATE 16,16:PRINT CHR$(168)"Desea continuar (s/n) ?"
4640 A$=INKEY$
4650 IF A$="n" THEN 4060
4660 IF A$="s" THEN 4670 :ELSE 4640
4670 REM pantalla de datos de roseta de dos extensometros
4680 SCREEN 2:SCREEN 0,0,0:CLS
4690 LOCATE 1,6:PRINT "Ingrese sus lecturas de deformaci"CHR$(162)"n "
4700 LOCATE 3,4:INPUT "Ea=";V:VEXT=V
4710 LOCATE 5,4:INPUT "Eb=";W:WEXT=W
4720 Z=0
4730 IF NS= 1 THEN CLS:GOTO 12420

```



```

4740 LOCATE 7,5:PRINT " Ingrese la sensibilidad transversal de los extensometros
    en porcentaje"
4750 LOCATE 9,4:INPUT "kta=";K1
4760 K1=K1/100
4770 LOCATE 11,4:INPUT "ktb=";K2
4780 K2=K2/100
4790 IF K1>.04 OR K2>.04 OR K1<0 OR K2<0 THEN GOSUB 15390:GOTO 4740
4800 LOCATE 13,5:PRINT " Ingrese los factores del medidor"
4810 LOCATE 15,4:INPUT "F.M. en el puente =";FM
4820 LOCATE 17,4:INPUT "F.M. del extens"CHR$(162)"metro A =";F1
4830 LOCATE 19,4:INPUT "F.M. del extens"CHR$(162)"metro B =";F2
4840 IF FM<.5 OR FM>5 THEN GOSUB 15590:GOTO 4800
4850 IF F1<.5 OR F1>5 THEN GOSUB 15590:GOTO 4800
4860 IF F2<.5 OR F2>5 THEN GOSUB 15590:GOTO 4800
4870 LOCATE 21,5:PRINT " Ingrese el coeficiente de Poisson"
4880 LOCATE 23,4:PRINT CHR$(230)
4890 LOCATE 23,6:INPUT NU
4900 IF NU<.25 OR NU>.5 THEN GOSUB 15490:GOTO 4870
4910 REM pantalla de resultados
4920 CLS
4930 CA=((FM*(1-NU*K1))/(F1*(1-K1*K2)))*V-((K1*FM*(1-NU*K2))/(F2*(1-K1*K2)))*W
4940 CB=((FM*(1-NU*K2))/(F2*(1-K1*K2)))*W-((K2*FM*(1-NU*K1))/(F1*(1-K1*K2)))*V
4950 IF CA=CB THEN 4960: ELSE 5010
4960 E(1)=CA:E(2)=CB
4970 LOCATE 2,5:PRINT "Las deformaciones principales son las siguientes:"
4980 LOCATE 4,4:PRINT "E1 en la direcci"CHR$(162)"n del ext. A =";E(1);"[micr"CH
R$(162)"metros/metros]"
4990 LOCATE 6,4:PRINT "E2 en la direcci"CHR$(162)"n del ext. B =";E(2);"[micr"CH
R$(162)"metros/metros]"
5000 GOTO 5060
5010 IF CA<CB THEN 5020
5020 E(1)=CB:E(2)=CA
5030 LOCATE 2,5:PRINT "Las deformaciones principales son las siguientes:"
5040 LOCATE 4,4:PRINT "E1 en la direcci"CHR$(162)"n del ext. B =";E(1);"[micr"CH
R$(162)"metros/metros]"
5050 LOCATE 6,4:PRINT "E2 en la direcci"CHR$(162)"n del ext. A =";E(2);"[micr"CH
R$(162)"metros/metros]"
5060 E(3)=E(1)-E(2)
5070 LOCATE 8,4:PRINT "Gamma xy                                =";E(3);"[microradianes]"
5080 LOCATE 10,4:PRINT CHR$(233)"p                                =";Z;"grados"
5090 GOTO 9160
5100 REM pantalla roseta rectangular
5110 CLS:SCREEN 1
5120 COLOR 1,1:X=2:ROSE=2
5130 TR$="UNA ROSETA RECTANGULAR"
5140 LOCATE 3,9:PRINT "ROSETA TIPO RECTANGULAR"
5150 LOCATE 5,4:PRINT "Una roseta tipo rectangular tiene"
5160 LOCATE 7,3:PRINT "la siguiente configuraci"CHR$(162)"n:"
5170 LINE (50,100)-(53,108)
5180 LINE (50,100)-(47,108)
5190 LINE (50,100)-(50,180)

```

```

5200 LINE (50,180)-(150,180)
5210 LINE (150,180)-(140,177)
5220 LINE (150,180)-(140,183)
5230 LINE (46,130)-(54,150),7,BF
5240 LINE (88,176)-(112,184),7,BF
5250 LINE (50,180)-(80,150)
5260 LOCATE 13,8:PRINT "Y"
5270 LOCATE 23,20:PRINT "X"
5280 LOCATE 18,14:PRINT "B"
5290 LINE (77,147)-(83,153)
5300 LINE (77,147)-(90,134)
5310 LINE (83,153)-(96,140)
5320 LINE (90,134)-(96,140)
5330 LINE (93,137)-(125,105)
5340 PAINT (90,140)
5350 LOCATE 18,8:PRINT "C"
5360 LOCATE 22,13:PRINT "A"
5370 LOCATE 10,24:PRINT "Alfa = 0"
5380 LOCATE 12,24:PRINT "Beta = 45"
5390 LOCATE 14,23:PRINT "Delta = 90"
5400 LOCATE 20,24:PRINT "C = Continuar"
5410 LOCATE 22,24:PRINT "R = Menu anterior"
5420 A$=INKEY$
5430 IF A$="c" THEN 5450
5440 IF A$="r" THEN 4060 :ELSE 5420
5450 REM pantalla roseta rectangular
5460 SCREEN 2:SCREEN 0,0:CLS
5470 LOCATE 2,6:PRINT "Ingrese sus lecturas de deformaci"CHR$(162)"n en micr"CHR
$(162)"metros/metros"
5480 LOCATE 4,4:INPUT "Ea=";V:VEXT=V
5490 LOCATE 6,4:INPUT "Eb=";W:WEXT=W
5500 LOCATE 8,4:INPUT "Ec=";Y:YEXT=Y
5510 IF NS=1 THEN 5760
5520 LOCATE 10,6:PRINT "Ingrese la sensibilidad transversal de los ext. en porce
ntaje"
5530 LOCATE 12,4: INPUT "kta=";K1
5540 K1=K1/100
5550 LOCATE 14,4: INPUT "ktb=";K2
5560 K2=K2/100
5570 LOCATE 16,4: INPUT "kta=";K3
5580 K3=K3/100
5590 IF K1>.04 OR K2>.04 OR K3>.04 THEN GOSUB 15390:GOTO 5520
5600 IF K1<0 OR K2<0 OR K3<0 THEN GOSUB 15390:GOTO 5520
5610 REM segunda pantalla de datos con 3 extensometros
5620 CLS
5630 LOCATE 2,6:PRINT "Ingrese los factores del medidor"
5640 LOCATE 4,4:INPUT "F.M. en el puente =" ;FM
5650 LOCATE 6,4:INPUT "F.M. del ext. A =" ;F1
5660 LOCATE 8,4:INPUT "F.M. del ext. B =" ;F2
5670 LOCATE 10,4:INPUT "F.M. del ext. C =" ;F3

```

```

5680 IF FM<.5 OR FM>5 THEN GOSUB 15590:GOTO 5630
5690 IF F1<.5 OR F1>5 THEN GOSUB 15590:GOTO 5630
5700 IF F2<.5 OR F2>5 THEN GOSUB 15590:GOTO 5630
5710 IF F3<.5 OR F2>5 THEN GOSUB 15590:GOTO 5630
5720 LOCATE 12,6:PRINT "Ingrese el coeficiente de Poisson"
5730 LOCATE 14,4:PRINT CHR$(230)=" "
5740 LOCATE 14,7:INPUT NU
5750 IF NU<.25 OR NU>.5 THEN GOSUB 15490 :GOTO 5720
5760 IF X<>2 THEN 5790
5770 BE=45*PI/180
5780 GA=90*PI/180
5790 IF X<>3 THEN 5820
5800 BE=60*PI/180
5810 GA=120*PI/180
5820 IF X<>5 THEN 5900
5830 LOCATE 16,6:PRINT "Ingrese los "CHR$(160)"ngulos beta y delta. Alfa=0"
5840 LOCATE 18,6:PRINT CHR$(225)"[grados]="
5850 LOCATE 18,16:INPUT B:UNO=B
5860 BE=B*PI/180
5870 LOCATE 20,6:PRINT CHR$(235)"[grados]="
5880 LOCATE 20,16:INPUT G:DUDO=G
5890 GA=G*PI/180
5900 CLS
5910 IF NS=1 THEN 12470
5920 H=SIN(2*(GA-BE))-SIN(2*GA)+SIN(2*BE)
5930 IF H=0 THEN GOSUB 15690:GOTO 5830
5940 C(1,1)=1+K1*(SIN(2*(GA-BE))+SIN(2*GA)-SIN(2*BE))/H
5950 C(1,2)=K1*(-2*SIN(2*BE))/H
5960 C(1,3)=K1*2*SIN(2*BE)/H
5970 C(2,1)=K2*2*SIN(2*(GA-BE))/H
5980 C(2,2)=1+K2*(SIN(2*(BE-GA))-SIN(2*GA)-SIN(2*BE))/H
5990 C(2,3)=K2*2*SIN(2*BE)/H
6000 C(3,1)=K3*2*SIN(2*(GA-BE))/H
6010 C(3,2)=K3*-2*SIN(2*GA)/H
6020 C(3,3)=1+K3*(SIN(2*(BE-GA))+SIN(2*BE)+SIN(2*GA))/H
6030 C(1,4)=(1-NU*K1)*FM*V/F1
6040 C(2,4)=(1-NU*K2)*FM*W/F2
6050 C(3,4)=(1-NU*K3)*FM*Y/F3
6060 FOR I=1 TO 4:FOR J=1 TO 3
6070 IF ABS(C(J,I))<1E-08 THEN C(J,I)=0
6080 NEXT J:NEXT I
6090 P=3:GOSUB 11980
6100 IF F$="error" THEN 5830
6110 D(1)=R(1):D(2)=R(2):D(3)=R(3)
6120 IF X<>2 THEN 6160
6130 F(1)=D(1):F(2)=D(3)
6140 F(3)=2*D(2)-D(1)-D(3)
6150 GOTO 6310
6160 IF X<>3 THEN 6210
6170 F(1)=D(1)
6180 F(2)=(2*(D(2)+D(3))-D(1))/3

```



```

6190 F(3)=2*SQR(3)*(D(2)-D(3))/3
6200 GOTO 6310
6210 C(1,1)=1:C(1,2)=0:C(1,3)=0
6220 C(2,1)=(COS(BE))^2
6230 C(2,2)=(SIN(BE))^2
6240 C(2,3)=SIN(BE)*COS(BE)
6250 C(3,1)=(COS(6A))^2
6260 C(3,2)=(SIN(6A))^2
6270 C(3,3)=SIN(6A)*COS(6A)
6280 P=3:GOSUB 11980
6290 IF F$="error" THEN 5830
6300 F(1)=R(1):F(2)=R(2):F(3)=R(3)
6310 GOTO 8790
6320 REM pantalla roseta delta
6330 CLS:SCREEN 1
6340 COLOR 1,1:X=3:ROSE=3
6350 TR$="UNA ROSETA TIPO DELTA"
6360 LOCATE 2,11:PRINT "ROSETA TIPO DELTA"
6370 LOCATE 19,23:PRINT CHR$(235)
6380 LOCATE 4,5:PRINT "Una roseta tipo delta tiene la"
6390 LOCATE 6,4:PRINT "siguiente configuraci"CHR$(162)"n: Alfa = 0"
6400 GOSUB 6650
6410 LOCATE 10,27:PRINT " Delta = 120"
6420 LOCATE 15,21 :PRINT "C"
6430 A$=INKEY$:IF A$="c" THEN 5450
6440 IF A$="r" THEN 4060 ELSE 6430
6450 REM pantalla roseta t-delta
6460 CLS:SCREEN 1
6470 COLOR 1,1:X=4:ROSE =4
6480 TR$="UNA ROSETA TIPO T-DELTA"
6490 LOCATE 2,11:PRINT "ROSETA TIPO T-DELTA"
6500 LOCATE 4,5:PRINT "Una roseta tipo t-delta tiene la"
6510 LOCATE 6,4:PRINT "siguiente configuraci"CHR$(162)"n: Alfa = 0"
6520 GOSUB 6650
6530 LOCATE 10,27:PRINT " Delta = 90"
6540 LOCATE 12,29 :PRINT "Teta = 120"
6550 LOCATE 15,21 :PRINT "D"
6560 LOCATE 17,14 :PRINT "C"
6570 LOCATE 19,23:PRINT CHR$(233)
6580 LINE (115,77)-(115,123)
6590 LINE (115,137)-(115,172)
6600 LINE (112,123)-(118,137),,BF
6610 CIRCLE (115,172),24,,0.3.14/2
6620 LOCATE 20,18:PRINT CHR$(235)
6630 A$=INKEY$:IF A$="c" THEN 6950
6640 IF A$="r" THEN 4060 ELSE 6630
6650 REM subrutina para dibujo roseta delta
6660 LINE (240,172)-(42,172)
6670 LINE (115,77)-(188,172)
6680 LINE (115,77)-(42,172)
6690 LINE (103,169)-(127,175),,BF

```



```

6700 LINE (240,172)-(232,169)
6710 LINE (240,172)-(232,175)
6720 CIRCLE (188,172),24,,0,.66*3.142
6730 CIRCLE (42,172),24,,0,3.1/3
6740 LINE (75,136)-(87,120)
6750 LINE (68,130)-(75,136)
6760 LINE (68,130)-(80,114)
6770 LINE (80,114)-(87,120)
6780 PAINT (85,120):PAINT (81,117)
6790 LINE (140,118)-(147,113)
6800 LINE (152,133)-(159,128)
6810 LINE (140,118)-(152,133)
6820 LINE (147,113)-(159,128)
6830 PAINT(143,120):PAINT (147,115)
6840 LOCATE 21,10:PRINT CHR$(225);" A"
6850 LOCATE 21,29:PRINT "X"
6860 LOCATE 9,7:PRINT "Y"
6870 LOCATE 15,9:PRINT "B"
6880 LOCATE 8,29:PRINT "Beta = 60"
6890 LOCATE 14,26:PRINT "C=Continuar"
6900 LOCATE 16,26:PRINT "R=Menu anterior"
6910 LINE (39,77)-(42,70)
6920 LINE (45,77)-(42,70)
6930 LINE (42,172)-(42,70)
6940 RETURN
6950 REM pantalla de datos de 4 extensometros
6960 SCREEN 2:SCREEN 0,0,0:CLS
6970 LOCATE 1,6:PRINT "Ingrese sus lecturas de deformaci"CHR$(162)"n en micr"CHR
$(162)"metros/metros"
6980 LOCATE 3,4:INPUT "Ea=";V:VEXT=V
6990 LOCATE 5,4:INPUT "Eb=";W:WEXT=W
7000 LOCATE 7,4:INPUT "Ec=";Y:YEXT=Y
7010 LOCATE 9,4:INPUT "Ed=";S:SEXT=Y
7020 IF NS=1 THEN 7310
7030 LOCATE 11,6:PRINT "Ingrese la sensibilidad transversal de los ext. en porce
ntaje"
7040 LOCATE 13,4:INPUT "kta=";K1
7050 K1=K1/100
7060 LOCATE 15,4:INPUT "ktb=";K2
7070 K2=K2/100
7080 LOCATE 17,4:INPUT "kta=";K3
7090 K3=K3/100
7100 LOCATE 19,4:INPUT "ktd=";K4
7110 K4=K4/100
7120 IF K1>.04 OR K2>.04 OR K3>.04 OR K4>.04 THEN GOSUB 15390:GOTO 7030
7130 IF K1<0 OR K2<0 OR K3<0 OR K4<0 THEN GOSUB 15390:GOTO 7030
7140 LOCATE 21,6:PRINT "Ingrese los factores del medidor"
7150 LOCATE 23,4:INPUT " F.M. en el puente =";FM
7160 REM segunda pantalla de datos
7170 CLS
7180 LOCATE 2,4:INPUT "F.M del ext. A   =";F1

```

```

7190 LOCATE 4,4:INPUT "F.M del ext. B   =";F2
7200 LOCATE 6,4:INPUT "F.M del ext. C   =";F3
7210 LOCATE 8,4:INPUT "F.M del ext. D   =";F4
7220 IF FM<.5 OR FM>.5 THEN GOSUB 15590:GOTO 7140
7230 IF F1<.5 OR F1>.5 THEN GOSUB 15590:GOTO 7140
7240 IF F2<.5 OR F2>.5 THEN GOSUB 15590:GOTO 7140
7250 IF F3<.5 OR F3>.5 THEN GOSUB 15590:GOTO 7140
7260 IF F4<.5 OR F4>.5 THEN GOSUB 15590:GOTO 7140
7270 LOCATE 10,6:PRINT "Ingrese el coeficiente de Poisson"
7280 LOCATE 12,4:PRINT CHR$(230)="
7290 LOCATE 12,7:INPUT NU
7300 IF NU<.25 OR NU >.5 THEN GOSUB 15490:GOTO 7270
7310 IF X<>4 THEN 7350
7320 BE=60*PI/180
7330 GA=90*PI/180
7340 ET=120*PI/180
7350 IF X<>6 THEN 7460
7360 LOCATE 14,6:PRINT "Ingrese los "CHR$(160)"ngulos beta,delta y teta en grado
s. Alfa=0"
7370 LOCATE 16,4:PRINT CHR$(225)" ="
7380 LOCATE 16,8:INPUT B:UNO=B
7390 BE=B*PI/180
7400 LOCATE 18,4:PRINT CHR$(235)" ="
7410 LOCATE 18,8:INPUT G:DUO=G
7420 GA=G*PI/180
7430 LOCATE 20,4:PRINT CHR$(233)" ="
7440 LOCATE 20,8:INPUT J:TRES=J
7450 ET=J*PI/180
7460 IF NS=1 THEN 12520
7470 C1=SIN(2*(GA-BE))+SIN(2*(ET-GA))+SIN(2*(BE-ET))
7480 TE=2*ET:AG=2*GA:EB=2*BE
7490 C(1,1)=(1-K1)*C1
7500 C(1,2)= K1*SIN(TE-AG)
7510 C(1,3)= K1*-2*SIN(TE-EB)
7520 C(1,4)= K1*2*SIN(AG-EB)
7530 C(1,5)= C1*V*FM*(1-NU*K1)/F1
7540 C(2,1)= K2*2*SIN(TE-AG)
7550 C2=SIN(AG)+SIN(TE-AG)-SIN(TE)
7560 C(2,2)= (1-K2)*C2
7570 C(2,3)= K2*-2*SIN(TE)
7580 C(2,4)= K2*2*SIN(AG)
7590 C(2,5)= C2*W*FM*(1-NU*K2)/F2
7600 C(3,1)= K3*2*SIN(TE-EB)
7610 C(3,2)= K3*-2*SIN(TE)
7620 C3=SIN(EB)+SIN(TE-EB)-SIN(TE)
7630 C(3,3)= (1-K3)*C3
7640 C(3,4)= K3*2*SIN(EB)
7650 C(3,5)= C3*Y*FM*(1-NU*K3)/F3
7660 C(4,1)= K4*-2*SIN(AG-EB)
7670 C(4,2)= K4*2*SIN(AG)

```

```

7680 C(4,3)= K4*-2*SIN(EB)
7690 C4=SIN(A6)-SIN(A6-EB)-SIN(EB)
7700 C(4,4)= (1-K4)*C4
7710 C(4,5)= C4*S*FM*(1-NU*K4)/F4
7720 P=4:GOSUB 11980
7730 IF F$="error" THEN 7360
7740 D(1)=R(1):D(2)=R(2)
7750 D(3)=R(3):D(4)=R(4)
7760 BS=SIN(BE):BC=COS(BE)
7770 GS=SIN(GA):GC=COS(GA)
7780 ES=SIN(ET):EC=COS(ET)
7790 C(1,1)= 1+BC^4+GC^4+EC^4
7800 C(1,2)= BC^2*BS^2+GS^2*GC^2+ES^2*EC^2
7810 C(1,3)= BC^3*BS+GC^3*GS+EC^3*ES
7820 C(1,4)= D(1)+D(2)*BC^2+D(3)*GC^2+D(4)*EC^2
7830 C(2,1)= BS^2*BC^2+GS^2*GC^2+ES^2*EC^2
7840 C(2,2)= BS^4+GS^4+ES^4
7850 C(2,3)= BS^3*BC+GS^3*GC+ES^3*EC
7860 C(2,4)= D(2)*BS^2+D(3)*GS^2+D(4)*ES^2
7870 C(3,1)= BS*BC^3+GS*GC^3+ES*EC^3
7880 C(3,2)= BS^3*BC+GS^3*GC+ES^3*EC
7890 C(3,3)= BS^2*BC^2+GS^2*GC^2+ES^2*EC^2
7900 C(3,4)= D(2)*BS*BC+D(3)*GS*GC+D(4)*ES*EC
7910 P=3:GOSUB 11980
7920 IF F$="error" THEN 7350
7930 F(1)=R(1):F(2)=R(2):F(3)=R(3)
7940 GOTO 8790
7950 REM pantalla roseta 4 extensometros en cualquier direccion"
7960 CLS:SCREEN 1
7970 COLOR 1,1:X=6:ROSE=6
7980 TR$="UNA ROSETA CON CUATRO EXTENSOMETROS EN CUALQUIER DIRECCION"
7990 LOCATE 1,4:PRINT "ROSETA DE 4 EXT. EN CUALQUIER DIRECCION"
8000 LOCATE 4,5:PRINT "Una roseta de este tipo tiene la "
8010 LOCATE 6,4:PRINT "siguiente configuraci"CHR$(162)"n: Alfa = 0"
8020 LINE (240,172)-(72,172)
8030 LINE (133,169)-(157,175),,BF
8040 LINE (145,77)-(72,172)
8050 LOCATE 14,26:PRINT "C=Continuar"
8060 LOCATE 16,26:PRINT "R=Menu anterior"
8070 LINE (105,136)-(117,120)
8080 LINE (98,130)-(105,136)
8090 LINE (98,130)-(110,114)
8100 LINE (110,114)-(117,120)
8110 PAINT (115,120):PAINT (111,117)
8120 LINE (240,172)-(232,175)
8130 LINE (240,172)-(232,169)
8140 LOCATE 21,29:PRINT "X"
8150 LINE (69,77)-(72,70)
8160 LINE (75,77)-(72,70)
8170 LINE (72,172)-(72,70)
8180 LOCATE 9,9:PRINT "Y"
8190 LINE (1,77)-(72,172)

```



```

8200 LINE (24,118)-(31,113)
8210 LINE (36,133)-(43,128)
8220 LINE (24,118)-(36,133)
8230 LINE (31,113)-(43,128)
8240 PAINT(27,120):PAINT (31,115)
8250 CIRCLE (72,172),30,,0,.67*3.14
8260 CIRCLE (72,172),48,,0,1.1*3.14
8270 CIRCLE (72,172),15,,0,3.1/3
8280 LOCATE 21,19:PRINT "A"
8290 LOCATE 16,17:PRINT "B"
8300 LOCATE 16,3:PRINT "C"
8310 LOCATE 22,6:PRINT "D"
8320 LOCATE 21,12:PRINT CHR$(225)
8330 LOCATE 21,3:PRINT CHR$(233)
8340 LOCATE 18,11:PRINT CHR$(235)
8350 LINE (72,172)-(10,190)
8360 LINE (38,179)-(42,185):LINE (42,185)-(57,179):LINE (57,179)-(53,173):LINE (
53,173)-(38,179)
8370 PAINT (53,174):PAINT(43,183)
8380 A$=INKEY$:IF A$ ="c" THEN 6950
8390 IF A$="r" THEN 4060 ELSE 8380
8400 REM pantalla roseta 3 extensometros en cualquier direccion"
8410 CLS:SCREEN 1
8420 COLOR 1,1:X=5:ROSE=5
8430 TR$="UNA ROSETA CON TRES EXTENSOMETROS EN CUALQUIER DIRECCION"
8440 LOCATE 1,4:PRINT "ROSETA DE 3 EXT. EN CUALQUIER DIRECCION"
8450 LOCATE 4,5:PRINT "Una roseta de este tipo tiene la "
8460 LOCATE 6,4:PRINT "siguiente configuraci"CHR$(162)"n: Alfa = 0"
8470 LOCATE 14,26:PRINT "C=Continuar"
8480 LOCATE 16,26:PRINT "R=Menu anterior"
8490 LINE (240,172)-(72,172)
8500 LINE (133,169)-(157,175),,BF
8510 LINE (145,77)-(72,172)
8520 LINE (105,136)-(117,120)
8530 LINE (98,130)-(105,136)
8540 LINE (98,130)-(110,114)
8550 LINE (110,114)-(117,120)
8560 PAINT (115,120):PAINT (111,117)
8570 LINE (240,172)-(232,175)
8580 LINE (240,172)-(232,169)
8590 LOCATE 21,29:PRINT "X"
8600 LINE (69,77)-(72,70)
8610 LINE (75,77)-(72,70)
8620 LINE (72,172)-(72,70)
8630 LOCATE 9,9:PRINT "Y"
8640 LINE (1,77)-(72,172)
8650 LINE (24,118)-(31,113)
8660 LINE (36,133)-(43,128)
8670 LINE (24,118)-(36,133)
8680 LINE (31,113)-(43,128)
8690 PAINT(27,120):PAINT (31,115)
8700 CIRCLE (72,172),40,,0,.67*3.14

```



```

8710 CIRCLE (72,172),20,,0,3.1/3
8720 LOCATE 21,19:PRINT "A"
8730 LOCATE 16,17:PRINT "B"
8740 LOCATE 16,3:PRINT "C"
8750 LOCATE 21,13:PRINT CHR$(225)
8760 LOCATE 19,15:PRINT CHR$(235)
8770 A$=INKEY$:IF A$= "c" THEN 5450
8780 IF A$="r" THEN 4060 ELSE 8770
8790 REM pantalla de solucion de estado de deformaciones
8800 SCREEN 2:SCREEN 0,0,0 :CLS
8810 IZ=((F(1)-F(2))^2+F(3)^2)^.5
8820 E(1)=.5*(F(1)+F(2)+IZ)
8830 E(2)=.5*(F(1)+F(2)-IZ)
8840 E(3)=IZ
8850 LOCATE 2,6: PRINT "LAS DEFORMACIONES EN LAS DIRECCIONES DE LOS EXTENSOMETRO
S SON:"
8860 LOCATE 4,5:PRINT "Ea =" ;D(1);"micr"CHR$(162)"metros/metros"
8870 LOCATE 6,5:PRINT "Eb =" ;D(2);"micr"CHR$(162)"metros/metros"
8880 LOCATE 8,5:PRINT "Ec =" ;D(3);"micr"CHR$(162)"metros/metros"
8890 IF X=4 OR X=6 THEN 8900:ELSE 8910
8900 LOCATE 10,5:PRINT "Ed =" ;D(4);"micr"CHR$(162)"metros/metros"
8910 LOCATE 12,6: PRINT "LAS DEFORMACIONES EN LAS DIRECCIONES X,Y SON:"
8920 LOCATE 14,5:PRINT "Ex      =" ;F(1);"micr"CHR$(162)"metros/metros"
8930 LOCATE 16,5:PRINT "Ey      =" ;F(2);"micr"CHR$(162)"metros/metros"
8940 LOCATE 18,5:PRINT "Gamma xy =" ;F(3);"microradianes"
8950 IF F(1)-F(2)<>0 THEN 8970
8960 Z=45:GOTO 9030
8970 B=F(3)/(F(1)-F(2))
8980 CZ=(180/PI)*ATN(B)/2
8990 GOTO 9000
9000 IF F(3)>0 AND F(1)>F(2) THEN Z=CZ
9010 IF F(1)<F(2) THEN Z=CZ+90
9020 IF F(3)<0 AND F(1)>F(2) THEN Z=CZ+180
9030 LOCATE 23,25:PRINT "PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR"
9040 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 9040
9050 CLS
9060 LOCATE 2,6:PRINT "LAS DEFORMACIONES PRINCIPALES SON:"
9070 LOCATE 4,5:PRINT "E1      =" ;E(1);"micr"CHR$(162)"metros/metros"
9080 LOCATE 6,5:PRINT "E2      =" ;E(2);"micr"CHR$(162)"metros/metros"
9090 LOCATE 8,5:PRINT "Gamma xy max. =" ;E(3);"microradianes"
9100 LOCATE 10,5:PRINT CHR$(233)"p      =" ;Z;"grados"
9110 LOCATE 12,6:PRINT "DESEA CALCULAR EL ESTADO GENERAL DE ESFUERZOS (S/N)?"
9120 A$=INKEY$
9130 IF A$="s" THEN 9150
9140 IF A$="n" THEN 14700 ELSE 9120
9150 GOTO 9210
9160 REM pantalla calculo de esfuerzos
9170 LOCATE 12,6:PRINT "DESEA CALCULAR LOS ESFUERZOS PRINCIPALES (S/N)?"
9180 A$=INKEY$
9190 IF A$="s" THEN 9220
9200 IF A$="n" THEN 14700 ELSE 9180
9210 IMPRE=1

```

```

9220 LOCATE 14,6:PRINT "INGRESE LAS SGTES. PROPIEDADES DEL MATERIAL"
9230 LOCATE 16,5:INPUT "MODULO DE ELASTICIDAD E [Giga Pa] =" ;E
9240 LOCATE 18,5:PRINT "COEFICIENTE DE POISSON          ";CHR$(230);" ="
9250 LOCATE 18,42:INPUT K:POIS=K
9260 CLS
9270 IF K<.25 OR K>.5 THEN GOSUB 15490:GOTO 9240
9280 IF X=1 THEN 9390
9290 H(1)=(E/(1-K^2))*(F(1)+K*F(2))
9300 H(2)=(E/(1-K^2))*(F(2)+K*F(1))
9310 H(3)=E*F(3)/(2*(1+K))
9320 FOR I=1 TO 3
9330 H(I)=H(I)/1000
9340 NEXT I
9350 LOCATE 2,6:PRINT "LOS ESFUERZOS EN X,Y SON:"
9360 LOCATE 4,5:PRINT CHR$(229)"x =" ;H(1);"MPa"
9370 LOCATE 6,5:PRINT CHR$(229)"y =" ;H(2);"MPa"
9380 LOCATE 8,5:PRINT CHR$(231)"xy =" ;H(3);"MPa"
9390 S(1)=(E/(1-K^2))*(E(1)+K*E(2))
9400 S(2)=(E/(1-K^2))*(E(2)+K*E(1))
9410 S(3)=.5 *(S(1)-S(2))
9420 IF S(1)<0 THEN TMAX= -S(2)/2
9430 IF S(2)>0 THEN TMAX= S(1)/2
9440 IF S(2)<=0 AND S(1)>=0 THEN TMAX= S(3)
9450 TMAX=TMAX/1000
9460 S(3)=.5 *(S(1)-S(2))
9470 FOR I=1 TO 3
9480 S(I)=S(I)/1000
9490 NEXT I
9500 LOCATE 10,6:PRINT "LOS ESFUERZOS PRINCIPALES SON:"
9510 LOCATE 12,5:PRINT CHR$(229)"1      =" ;S(1);"MPa"
9520 LOCATE 14,5:PRINT CHR$(229)"2      =" ;S(2);"MPa"
9530 LOCATE 16,5:PRINT CHR$(231)" xy max. =" ;S(3);"MPa"
9540 LOCATE 18,5:PRINT CHR$(231)" max. =" ;TMAX;"MPa"
9550 LOCATE 20,5:PRINT CHR$(233)"p      =" ;Z;" grados"
9560 LOCATE 22,6:PRINT "DESEA GRAFICAR EL CIRCULO DE MOHR PARA EL ESTADO DE ESFU
ERZOS (S/N)?"
9570 A$=INKEY$
9580 IF A$="s" THEN 9600
9590 IF A$="n" THEN 10380 ELSE 9570
9600 REM subrutina grafico del circulo de Mohr
9610 IF S(1)<>S(2) AND ABS(S(3))>.00001 THEN 9680
9620 CLS
9630 TIE1=TIMER
9640 LOCATE 10,13:PRINT "UD. TIENE UN ESTADO DE ESFUERZOS ISOTROPICO POR LO"
9650 LOCATE 12,12:PRINT "TANTO NO ES POSIBLE GRAFICAR EL CIRCULO DE MOHR."
9660 TIE2=TIMER:IF TIE2-TIE1<5 THEN 9660
9670 GOTO 10380
9680 SCREEN 2
9690 CLS
9700 LOCATE 24,1:PRINT "CIRCULO DE MOHR PARA ESFUERZOS
      C = Continuar"
9710 LINE (626,98)-(613,96)

```

```

9720 LOCATE 2,46:PRINT CHR$(231);"xy max."
9730 LINE (626,98)-(613,100)
9740 IF S(1)>0 AND S(2)>0 THEN 9750 ELSE 9850
9750 LINE (25,10)-(31,5)
9760 LINE (31,5)-(37,10)
9770 LINE (31,5)-(31,196)
9780 LOCATE 2,2:PRINT CHR$(231)
9790 LINE (16,98)-(44,98)
9800 LINE (44,98)-(50,93)
9810 LINE (50,93)-(63,103)
9820 LINE (63,103)-(69,98)
9830 LINE (69,98)-(626,98)
9840 GOSUB 10040
9850 IF S(1)>=0 AND S(2)<=0 THEN 9860 ELSE 9920
9860 LINE (16,98)-(626,98)
9870 MP=132-S(2)*400/(S(1)-S(2))
9880 M=INT(MP):K=INT(79*M/640)
9890 LOCATE 2,K:PRINT CHR$(231)
9900 LINE(M-6,10)-(M,5):LINE(M,5)-(M+6,10):LINE(M,5)-(M,196)
9910 GOSUB 10040
9920 IF S(1)<0 AND S(2)<0 THEN 9930 ELSE 10350
9930 LINE (594,10)-(601,5)
9940 LINE (601,5)-(607,10)
9950 LINE (601,5)-(601,196)
9960 LOCATE 2,71:PRINT CHR$(231)
9970 LINE (16,98)-(563,98)
9980 LINE (563,98)-(569,93)
9990 LINE (569,93)-(582,103)
10000 LINE (582,103)-(588,98)
10010 LINE (626,98)-(588,98)
10020 GOSUB 10040
10030 GOTO 10350
10040 REM SUBROUTINA DIBUJO DE SIGMA X Y SIGMA Y
10050 CIRCLE (332,98),200
10060 LOCATE 14,68:PRINT CHR$(229)"1"
10070 LOCATE 14,78:PRINT CHR$(229)
10080 LOCATE 14,14:PRINT CHR$(229)"2"
10090 IF Z=0 THEN RETURN
10100 R=132+400*(H(1)-S(2))/(S(1)-S(2))
10110 T=132+400*(H(2)-S(2))/(S(1)-S(2))
10120 SA=H(3)*83/S(3)
10130 S=ABS(INT(SA))
10140 P=INT(79*T/640)
10150 K=INT(79*R/640)
10160 Q=INT((S+98)*24/200)
10170 O=INT((98-S)*24/200)
10180 IF (2*Z)<180 THEN 10190 ELSE 10240
10190 LINE (R,98)-(R,98+S)
10200 LINE (R,98+S)-(T,98-S)
10210 LINE (T,98-S)-(T,98)
10220 LOCATE Q+2,K:PRINT "X"
10230 LOCATE O+1,P:PRINT "Y"

```



```

10240 IF (2*Z)>180 THEN 10250 ELSE 10300
10250 LINE (R,98)-(R,98-S)
10260 LINE (R,98-S)-(T,98+S)
10270 LINE (T,98+S)-(T,98)
10280 LOCATE 0+1,P:PRINT "Y"
10290 LOCATE 0+1,K:PRINT "X"
10300 CIRCLE (332,98),60,,2*PI-(2*Z*PI/180),0
10310 LINE (384,101)-(392,98)
10320 LINE (392,98)-(400,101)
10330 LOCATE 14,52:PRINT "2*CHR$(233)*p"
10340 RETURN
10350 MP=0
10360 A$=INKEY$
10370 IF A$="c" THEN 10380 ELSE 10360
10380 REM pantalla factor de seguridad
10390 SCREEN 2:SCREEN 0:CLS
10400 LOCATE 4,10:PRINT "DESEA CALCULAR EL FACTOR DE SEGURIDAD S/N "
10410 D$=INKEY$:IF D$="" THEN 10410
10420 IF D$="s" THEN 10450
10430 IF D$="n" THEN 14700
10440 GOTO 10410
10450 IMPRE=2
10460 LOCATE 6,10:PRINT "ES EL MATERIAL FRAGIL O DUCTIL (F/D) ?"
10470 EK$=INKEY$:IF EK$="" THEN 10470
10480 IF EK$="f" THEN 10520
10490 IF EK$="d" THEN 11120
10500 GOTO 10570
10510 REM MATERIAL FRAGIL DATOS Y SOLUCION
10520 LOCATE 8,10:PRINT "INGRESE LAS SIGUIENTES PROPIEDADES DEL MATERIAL"
10530 LOCATE 10,10:INPUT "Sut [MPa] = ";H
10540 LOCATE 12,10:INPUT "Suc [MPa] = ";I:COP=I
10550 IF I>1.5*H THEN 10580
10560 GOSUB 15790
10570 GOTO 10460
10580 IF S(1)>0 AND S(2)>0 THEN N=H/S(1)
10590 IF S(1)>0 AND S(2)<0 THEN N= 1/((S(1)/H)-(S(2)/I))
10600 IF S(1)<0 THEN N=-I/S(2)
10610 LOCATE 14,10:PRINT "APLICANDO LA TEORIA DE COULOMB-MOHR DETERMINAMOS QUE"
10620 LOCATE 16,10:PRINT "EL FACTOR DE SEGURIDAD ES n = ";N
10630 LOCATE 18,10:PRINT "DESEA GRAFICAR LA TEORIA DE FALLA (S/N) ?"
10640 R$=INKEY$:IF R$="" THEN 10640
10650 IF R$="s" THEN 10670
10660 IF R$="n" THEN 14700 ELSE 10640
10670 REM grafico falla fragil
10680 SCREEN 2:CLS
10690 LOCATE 1,20:PRINT "TEORIA DE FALLA COULOMB-MOHR"
10700 LINE (13,88)-(625,88):LINE (625,88)-(619,86):LINE (625,88)-(619,90)
10710 LINE (375,196)-(375,16):LINE (375,16)-(369,19):LINE (375,16)-(381,19)
10720 LOCATE 13,74:PRINT CHR$(229)*1"
10730 LOCATE 23,40:PRINT "Suc"
10740 LOCATE 3,43:PRINT CHR$(229)*2"
10750 LOCATE 11,9:PRINT "Suc =";I

```



```

10760 F=H/I
10770 XT=INT(F*244)+375
10780 YT=88-INT(F*102)
10790 K=INT(XT*79/640)
10800 S=INT(YT*24/200)
10810 LOCATE 13,K+3:PRINT "Sut"
10820 LOCATE S,36:PRINT "Sut =" ;H
10830 LINE (131,88)-(131,190):LINE (131,190)-(375,190)
10840 LINE (375,190)-(XT,88)
10850 LINE (XT,88)-(XT,YT)
10860 LINE (XT,YT)-(375,YT)
10870 LINE (375,YT)-(131,88)
10880 G=S(1)/I
10890 XX=INT(G*244)+375
10900 C=S(2)/I
10910 YY=88-INT(C*102)
10920 LOCATE 23,55:PRINT "Pulse c para continuar"
10930 LOCATE 3,5:PRINT "+ = estado de esfuerzos"
10940 LOCATE 5,5:PRINT CHR$(229)*1 = " ;S(1)
10950 LOCATE 7,5:PRINT CHR$(229)*2 = " ;S(2)
10960 LOCATE 9,5:PRINT " n = " ;N
10970 IF XX<640 AND YY<200 THEN 11020
10980 LOCATE 3,5:PRINT "El estado de esfuerzos "
10990 LOCATE 4,4:PRINT "no entra en pantalla"
11000 A%=INKEY$:IF A%<>"c" THEN 11000
11010 GOTO 14700
11020 R=0:A%=""
11030 WHILE A%<>"c"
11040 A%=INKEY$
11050 R=R+.05
11060 IF SIN(R)>0 THEN L=1 :ELSE L=0
11070 LINE (XX+5,YY)-(XX-5,YY),L
11080 LINE (XX,YY-2)-(XX,YY+2),L
11090 WEND
11100 GOTO 14700
11110 REM PANTALLA MATERIAL DUCTIL (DATOS Y RESULTADOS)
11120 LOCATE 8,10:PRINT "INGRESE LAS SIGUIENTES PROPIEDADES DEL MATERIAL "
11130 LOCATE 10,10 :INPUT "Sy [MPa] = " ;H
11140 LOCATE 12,10:PRINT"APLICANDO LA TEORIA DE LA MAXIMA ENERGIA DE DISTORSION"

11150 LOCATE 14,10:PRINT"D DE VON MISSES,DETERMINAMOS QUE EL FACTOR DE SEGURIDAD
ES : "
11160 N=H/((S(1)^2-S(1)*S(2)+S(2)^2)^.5
11170 LOCATE 16,10 :PRINT " n = " ;N
11180 LOCATE 18,10:PRINT "DESEA GRAFICAR LA TEORIA DE FALLA (S/N) ?"
11190 R%=INKEY$:IF R%="" THEN 11190
11200 IF R%="s" THEN 11220
11210 IF R%="n" THEN 14700 ELSE 11190
11220 REM grafico falla ductil
11230 SCREEN 2:CLS
11240 LOCATE 1,24:PRINT "TEORIA DE FALLA DE VON MISSES"

```

```

11250 LINE (13,108)-(625,108)
11260 LINE (625,108)-(619,106)
11270 LINE (625,108)-(619,110)
11280 LINE (319,196)-(319,16)
11290 LINE (319,16)-(313,19)
11300 LINE (319,16)-(325,19)
11310 LINE (150,105)-(150,111)
11320 LINE (488,105)-(488,111)
11330 LINE (314,37)-(324,37)
11340 LINE (314,179)-(324,179)
11350 LOCATE 15,76:PRINT CHR$(229)"1"
11360 LOCATE 15,65:PRINT "Sy"
11370 LOCATE 15,20:PRINT "-Sy"
11380 LOCATE 5,35:PRINT "Sy"
11390 LOCATE 3,36:PRINT CHR$(229)"2"
11400 LOCATE 23,33:PRINT "-Sy"
11410 LOCATE 3,5:PRINT "+ = Estado de esfuerzos"
11420 LOCATE 6,5:PRINT "Sy = ";H
11430 LOCATE 8,5:PRINT CHR$(229)"1" = ";S(1)
11440 LOCATE 10,5:PRINT CHR$(229)"2" = ";S(2)
11450 LOCATE 12,5:PRINT "n = ";N
11460 FOR X=-(2/3^.5)*H TO -H STEP H/350
11470 W=4*H^2-3*X^2
11480 IF W<0 THEN W=0
11490 Y1=X/2+.5*W^.5
11500 Y2=X/2-.5*W^.5
11510 K1=(Y1*71)/H
11520 K2=(Y2*71)/H
11530 J=(X*169)/H
11540 PSET (319+J,108-K1)
11550 PSET (319+J,108-K2)
11560 NEXT X
11570 FOR X=-H TO H STEP H/100
11580 W=4*H^2-3*X^2
11590 IF W<0 THEN W=0
11600 Y1=X/2+.5*W^.5
11610 Y2=X/2-.5*W^.5
11620 K1=(Y1*71)/H
11630 K2=(Y2*71)/H
11640 J=(X*169)/H
11650 PSET (319+J,108-K1)
11660 PSET (319+J,108-K2)
11670 NEXT X
11680 FOR X=H TO (2/3^.5)*H STEP H/350
11690 W=4*H^2-3*X^2
11700 IF W<0 THEN W=0
11710 Y1=X/2+.5*W^.5
11720 Y2=X/2-.5*W^.5
11730 K1=(Y1*71)/H
11740 K2=(Y2*71)/H
11750 J=(X*169)/H
11760 PSET (319+J,108-K1)

```

```

11770 PSET (319+J,108-K2)
11780 NEXT X
11790 G=S(1)/H
11800 XX=INT(G*169)+319
11810 C=S(2)/H
11820 YY=108-INT(C*71)
11830 LOCATE 23,55:PRINT "Pulse c para continuar"
11840 R=0:A$=""
11850 IF XX<640 AND YY<200 THEN 11900
11860 LOCATE 3,5:PRINT " El estado de esfuerzos"
11870 LOCATE 4,4:PRINT "no entra en pantalla"
11880 A$=INKEY$:IF A$<>"c" THEN 11880
11890 GOTO 14700
11900 WHILE A$<>"c"
11910 R=R+.05
11920 A$=INKEY$
11930 IF SIN(R)>0 THEN L=1:ELSE L=0
11940 LINE (XX+5,YY)-(XX-5,YY),L
11950 LINE (XX,YY+2)-(XX,YY-2),L
11960 WEND
11970 GOTO 14700
11980 REM matriz inversa
11990 CON=0
12000 FOR F=1 TO P
12010 FOR J=1 TO P
12020 I(J,F)=0
12030 NEXT J
12040 I(F,F)=1
12050 NEXT F
12060 FOR C=1 TO P
12070 FOR F=C TO P
12080 IF C(F,C)<>0 THEN 12140
12090 IF F=C THEN CON=CON+1
12100 NEXT F
12110 GOSUB 15690
12120 F$="error"
12130 RETURN
12140 FOR J=1 TO P
12150 CA=C(C,J):C(C,J)=C(F,J):C(F,J)=CA
12160 CI=I(C,J):I(C,J)=I(F,J):I(F,J)=CI
12170 NEXT J
12180 W(C)=C(C,C)
12190 D=1/C(C,C)
12200 FOR K=1 TO P
12210 C(C,K)=D*C(C,K)
12220 I(C,K)=D*I(C,K)
12230 NEXT K
12240 FOR F=1 TO P
12250 IF F=C THEN GOTO 12310
12260 D=-C(F,C)
12270 FOR I=1 TO F
12280 C(F,I)=C(F,I)+D*C(C,I)

```

```

12290 I(F,I)=I(F,I)+D*I(C,I)
12300 NEXT I
12310 NEXT F
12320 NEXT C
12330 FOR I=1 TO P
12340 M=0
12350 FOR J=1 TO P
12360 M=M+I(I,J)*C(J,P+1)
12370 NEXT J
12380 R(I)=M
12390 NEXT I: F$="": RETURN
12400 REM SUBROUTINA OPCION SIN CONSIDERAR SENSITIVIDAD TRANSVERSAL
12410 REM SUBR. 2 EXT. PERPENDICULARES
12420 IF V>=W THEN 12430 ELSE 12450
12430 E(1)=V:E(2)=W
12440 GOTO 4970
12450 E(1)=W:E(2)=V
12460 GOTO 5030
12470 REM SUBR. 3 EXT.
12480 D(1)=V:C(1,4)=V
12490 D(2)=W:C(2,4)=W
12500 D(3)=Y:C(3,4)=Y
12510 GOTO 6120
12520 REM SUBR. 4 EXT.
12530 D(1)=V:C(1,5)=V
12540 D(2)=W:C(2,5)=W
12550 D(3)=Y:C(3,5)=Y
12560 D(4)=S:C(4,5)=S
12570 GOTO 7760

14700 CLS
14710 LOCATE 6,6:PRINT "DESEA IMPRIMIR SUS RESULTADOS (S/N)?"
14720 A$=INKEY$
14730 IF A$="s" THEN 14750
14740 IF A$="n" THEN 710 ELSE 14720
14750 LOCATE 8,6:PRINT "POR FAVOR, PREPARE SU IMPRESORA. PULSE UNA TECLA SI YA L
ISTA"
14760 A$=INKEY$:IF A$="" THEN 14760
14770 LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
14780 LPRINT "      RESULTADOS DEL PROBLEMA CON";TR$;SENT$
14790 LPRINT "      LOS DATOS INGRESADOS SON:"
14800 IF AVI=1 THEN 14840
14810 LPRINT:LPRINT "      NUMERO DE EXTENSOMETROS =" ;LPR
14820 LPRINT:LPRINT "      LECTURA DEL PUENTE =" ;PUE;" Micrometros/Metros"
14830 GOTO 15050
14840 LPRINT:LPRINT "      Ea =" ;VEXT;" Micrometros/metros"
14850 LPRINT "      Eb =" ;WEXT;" Micrometros/metros"
14860 IF ROSE = 1 THEN 14900
14870 LPRINT "      Ec =" ;YEXT;" Micrometros/metros"
14880 IF ROSE = 2 OR ROSE=3 OR ROSE=5 THEN 14900
14890 LPRINT "      Ed =" ;SEXT;" Micrometros/metros"
14900 IF NS=1 THEN 14980

```



```

14910 LPRINT:LPRINT " ESTOS DATOS CORREGIDOS CONSIDERANDO SENSITIVIDAD TRANSVE
RSAL SON:"
14920 LPRINT:LPRINT " Ea =";D(1);" Micrometros/metros"
14930 LPRINT " Eb =";D(2);" Micrometros/metros"
14940 IF ROSE = 1 THEN 14880
14950 LPRINT " Ec =";D(3);" Micrometros/metros"
14960 IF ROSE = 2 OR ROSE=3 OR ROSE=5 THEN 15040
14970 LPRINT " Ed =";D(4);" Micrometros/metros"
14980 IF ROSE = 2 OR ROSE=3 OR ROSE=4 THEN 15040
14990 LPRINT:LPRINT " ANGULO ALFA = 0 Grados "
15000 LPRINT " ANGULO BETA =";UNO;"Grados "
15010 LPRINT " ANGULO DELTA =";DUO;"Grados "
15020 IF ROSE = 5 THEN 15040
15030 LPRINT " ANGULO TETA =";TRES;"Grados "
15040 LPRINT:LPRINT " EL ESTADO DE DEFORMACIONES EN X,Y ES:"
15050 LPRINT:LPRINT " Ex =";F(1);"Micrometros/Metros"
15060 LPRINT " Ey =";F(2);"Micrometros/Metros"
15070 LPRINT " Gamma xy =";F(3);"Microradianes"
15080 LPRINT:LPRINT " EL ESTADO DE DEFORMACIONES PRINCIPALES ES:"
15090 LPRINT:LPRINT " E1 =";E(1);"Micrometros/Metros"
15100 LPRINT " E2 =";E(2);"Micrometros/Metros"
15110 LPRINT " Gamma xy max.=";E(3);"Microradianes"
15120 LPRINT " Teta p =";Z;"Grados"
15130 IF IMPRE=0 THEN 15360
15140 LPRINT:LPRINT " PROPIEDADES DEL MATERIAL"
15150 LPRINT:LPRINT " MODULO DE ELASTICIDAD =";E;" Giga Pa "
15160 LPRINT:LPRINT " COEF. DE POISSON =";POIS
15170 LPRINT:LPRINT " EL ESTADO DE ESFUERZOS EN X,Y ES:"
15180 LPRINT:LPRINT " Sigma x =";H(1);" MPa"
15190 LPRINT " Sigma y =";H(2);" MPa"
15200 LPRINT " Tao xy =";H(3);" MPa"
15210 LPRINT:LPRINT " EL ESTADO DE ESFUERZOS PRINCIPALES ES:"
15220 LPRINT:LPRINT " Sigma 1 =";S(1);" MPa"
15230 LPRINT " Sigma 2 =";S(2);" MPa"
15240 LPRINT " Tao-xy max. =";S(3);" MPa"
15250 LPRINT " Tao max. =";TMAX;" MPa"
15260 LPRINT " Teta p =";Z;" Grados"
15270 IF IMPRE=1 THEN 15360
15280 LPRINT:IF EK$="d" THEN 15320
15290 LPRINT " ES UN MATERIAL FRAGIL "
15300 LPRINT " Sut =";H;" MPa"
15310 LPRINT " Suc =";COP;" MPa":GOTO 15340
15320 LPRINT " ES UN MATERIAL DUCTIL "
15330 LPRINT " Sy =";H;" MPa"
15340 LPRINT:LPRINT " EL FACTOR DE SEGURIDAD CALCULADO ES:"
15350 LPRINT:LPRINT " n =";N
15360 LPRINT:LPRINT
15370 GOTO 710
15380 REM subrutina datos absurdos
15390 REM datos absurdos de sensibilidad transversal
15400 CLS
15410 LOCATE 10,6:PRINT "UD. HA INTRODUCIDO VALORES INCORRECTOS DE SENSITIVIDAD
TRANSVERSAL"

```

```
15420 LOCATE 12,12:PRINT "RECUERDE QUE LA SENSITIVIDAD TRANSVERSAL NO PUEDE SER"

15430 LOCATE 14,22:PRINT "NEGATIVA NI MAYOR QUE EL 4%"
15440 LOCATE 18,27:PRINT "INTENTE DE NUEVO"
15450 TA1=TIMER
15460 TA2=TIMER :IF (TA2-TA1)<8 THEN 15460
15470 CLS
15480 RETURN
15490 REM DATOS ABSURDOS DEL COEFICIENTE DE POISSON
15500 CLS
15510 LOCATE 10,9:PRINT "UD. HA INTRODUCIDO UN VALOR INCORRECTO DEL COEF. DE POI
SSON"
15520 LOCATE 12,12:PRINT"RECUERDE QUE EL COEF. DE POISSON NO PUEDE SER NEGATIVO"

15530 LOCATE 14,20:PRINT "Y DEBE ESTAR ENTRE 0.25 Y 0.50"
15540 LOCATE 18,27 :PRINT "INTENTE DE NUEVO"
15550 TA1=TIMER
15560 TA2=TIMER :IF (TA2-TA1)<8 THEN 15560
15570 CLS
15580 RETURN
15590 REM DATOS ABSURDOS DE FACTORES DEL MEDIDOR
15600 CLS
15610 LOCATE 10,6:PRINT "UD. HA INTRODUCIDO VALORES INCORRECTOS DE FACTORES DEL
MEDIDOR"
15620 LOCATE 12,11:PRINT "RECUERDE QUE LOS FACTORES DEL MEDIDOR NO PUEDEN SER"
15630 LOCATE 14,13:PRINT "NEGATIVOS Y DEBEN ESTAR APROX. ENTRE 0.5 Y 5"
15640 LOCATE 18,25:PRINT " INTENTE DE NUEVO"
15650 TA1=TIMER
15660 TA2=TIMER :IF (TA2-TA1)<8 THEN 15660
15670 CLS
15680 RETURN
15690 REM datos absurdos de angulos
15700 CLS
15710 LOCATE 10,3:PRINT "LA MATRIZ DEL SISTEMA DE ECUACIONES NO TIENE SOLUCION L
O QUE SIGNIFICA"
15720 LOCATE 12,12: PRINT "PROBABLEMENTE QUE LOS ANGULOS ESTAN MAL INGRESADOS"
15730 LOCATE 14,17:PRINT "RECUERDE RECOMENDACIONES DEL PROGRAMA"
15740 LOCATE 18,26:PRINT "INTENTE DE NUEVO"
15750 TA1=TIMER
15760 TA2=TIMER :IF (TA2-TA1)<8 THEN 15760
15770 CLS
15780 RETURN
15790 REM DATOS ERRONEOS DE Sut y Suc
15800 CLS
15810 LOCATE 10,9:PRINT "EL VALOR DE Suc INGRESADO NO ES POR LO MENOS 1.5 VECES
MAYOR"
15820 LOCATE 12,9:PRINT "QUE Sut POR LO TANTO HUBO UN ERROR O EL MATERIAL NO ES
FRAGIL"
15830 LOCATE 18,28:PRINT "INTENTE DE NUEVO"
15840 TA1=TIMER
15850 TA2=TIMER :IF (TA2-TA1)<8 THEN 15850
15860 CLS
15870 RETURN
```

CAPITULO IV

EJEMPLO DE UTILIZACION DEL PROGRAMA

En este capítulo se hace una secuencia de todas las pantallas que se presentan al hacer un ejercicio en el programa y se presentan los resultados de éste y otros ejercicios de la salida por impresora.

4.1 Pantallas del ejemplo propuesto

Se pueden imprimir los dibujos de las pantallas gráficas con la tecla Print Screen siempre y cuando se cargue GRAPHICS desde el DOS antes de ejecutar el programa. Aquí se incluyen fotografías.

El ejercicio que tomaremos como ejemplo será con una roseta de 3 extensómetros dispuestos en cualquier dirección por ser uno de los casos más extensos.

A continuación toda la secuencia: Al ejecutar el programa y luego de las dos pantallas de presentación aparece el menú principal (Fig.1.2). Para nuestro ejemplo se pulsa el número 3 y se observa la opción de considerar o no la sensibilidad transversal de los extensómetros (Fig.3.1). Pulsamos

2 para considerarla y veremos el menú de rosetas de deformación. Digitamos el número 5 y se observará el dibujo explicativo de la roseta en mención (Fig.4.1).

Como la alternativa escogida es la correcta pulsamos c y se empiezan a requerir nuestros datos. La Fig.4.2 es la primera pantalla de datos en la que se incluyen las deformaciones de los extensómetros sensadas por el puente y la sensibilidad transversal de los mismos en porcentaje.

En la Fig.4.3 se ha ingresado deliberadamente un valor erróneo de F.M. para el extensómetro B. Luego inmediatamente después de digitar el último valor de factores del medidor aparece el mensaje de error de la Fig. 4.4 durante 10 segundos aproximadamente, para entonces volver a pedir estos datos. Existen otros 3 diferentes casos en los cuales también se presentan mensajes de error que pueden ser de mucha utilidad.

En la Fig.4.5 se muestra la segunda pantalla de datos completa y correcta, con valores de factores del medidor, coeficiente de Poisson y los ángulos a los que están dispuestos los extensómetros.

Los datos ingresados hasta este momento son

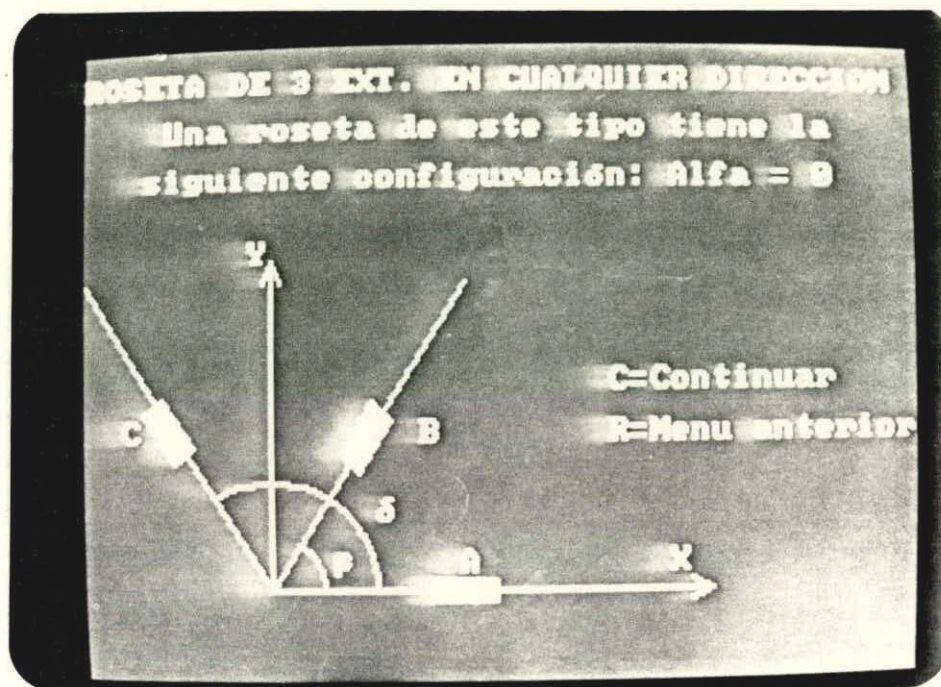


Fig.4.1

Fotografía dibujo explicativo

Ingrese sus lecturas de deformación en micrómetros/metros

Ea=? 400

Eb=? 220

Ec=? -320

Ingrese la sensibilidad transversal de los ext. en porcentaje

kta=? 1.5

ktb=? 1.5

ktc=? 2.9

Fig.4.2

Primera pantalla de datos

Ingrese los factores del medidor

F.M. en el puente =? 2

F.M. del ext. A =? 2.1

F.M. del ext. B =? 21

F.M. del ext. C =? 2.3

Fig.4.3

Segunda pantalla con error

UD. HA INTRODUCIDO VALORES INCORRECTOS DE FACTORES DEL MEDIDOR

RECUERDE QUE LOS FACTORES DEL MEDIDOR NO PUEDEN SER

NEGATIVOS Y DEBEN ESTAR APROX. ENTRE 0.5 Y 5

INTENTE DE NUEVO

Fig.4.4

Mensaje de error

Ingrese los factores del medidor

F.M. en el puente =? 2

F.M. del ext. A =? 2.1

F.M. del ext. B =? 2.1

F.M. del ext. C =? 2.3

Ingrese el coeficiente de Poisson

μ = ? .29

Ingrese los ángulos beta y delta. Alfa=0

β [grados]=? 75

δ [grados]=? 140

Fig. 4.5

Segunda pantalla de datos

LAS DEFORMACIONES EN LAS DIRECCIONES DE LOS EXTENSOMETROS SON:

$E_a = 384.4724$ micrómetros/metros

$E_b = 207.0308$ micrómetros/metros

$E_c = -293.4937$ micrómetros/metros

LAS DEFORMACIONES EN LAS DIRECCIONES X,Y SON:

$E_x = 379.2953$ micrómetros/metros

$E_y = -61.1583$ micrómetros/metros

$\Gamma_{xy} = 961.0625$ microradianes

PULSE UNA TECLA PARA CONTINUAR

Fig. 4.6

Primera pantalla de resultados de deformación

procesados por la computadora resolviéndose los sistemas de ecuaciones descritos en el capítulo anterior y en pocos segundos los resultados de deformación son presentados en las pantallas de las Figs. 4.6 y 4.7. Como también deseamos calcular los esfuerzos pulsamos *s* y se piden dos datos extras (Fig.4.7). Nuevamente se procesan estos datos y los resultados de esfuerzos son mostrados en la Fig. 4.8. Digitamos *s* para graficar el círculo de Mohr para esfuerzos (Fig.4.9).

Al continuar pulsando *c* se tiene la opción de calcular el factor de seguridad para falla estática con el que se encuentra trabajando el material. Contestando afirmativamente tendremos que ingresar si el material es dúctil o frágil. A manera de ejemplo hemos seguido la secuencia por ambos caminos. Si es frágil las Fig. 4.10 y 4.11 y para dúctiles las Figs. 4.12 y 4.13.

Por último se puede imprimir los datos con una salida por impresora. Pulsando *s* y cualquier tecla cuando la impresora este lista (Fig.4.14). se tendrá los resultados del ejercicio impresos (Fig.4.15).

LAS DEFORMACIONES PRINCIPALES SON:

E1 = 687.6605 micrómetros/metros

E2 = -369.5236 micrómetros/metros

Gamma xy max. = 1057.184 microradianes

θ_p = 32.68905 grados

DESEA CALCULAR EL ESTADO GENERAL DE ESFUERZOS (S/N)?

INGRESE LAS SIGTES. PROPIEDADES DEL MATERIAL

MODULO DE ELASTICIDAD E [Giga Pa] =? 207

COEFICIENTE DE POISSON μ = ? .29

Fig.4.7

Segunda pantalla de resultados de deformación

LOS ESFUERZOS EN X,Y SON:

σ_x = 81.71501 MPa

σ_y = 11.03759 MPa

τ_{xy} = 77.10851 MPa

LOS ESFUERZOS PRINCIPALES SON:

σ_1 = 131.1969 MPa

σ_2 = -38.44428 MPa

$\tau_{xy \text{ max.}}$ = 84.82059 MPa

$\tau_{\text{ max.}}$ = 84.82059 MPa

θ_p = 32.68905 grados

DESEA GRAFICAR EL CIRCULO DE MOHR PARA EL ESTADO DE ESFUERZOS (S/N)?

Fig.4.8

Pantalla de resultados de esfuerzos

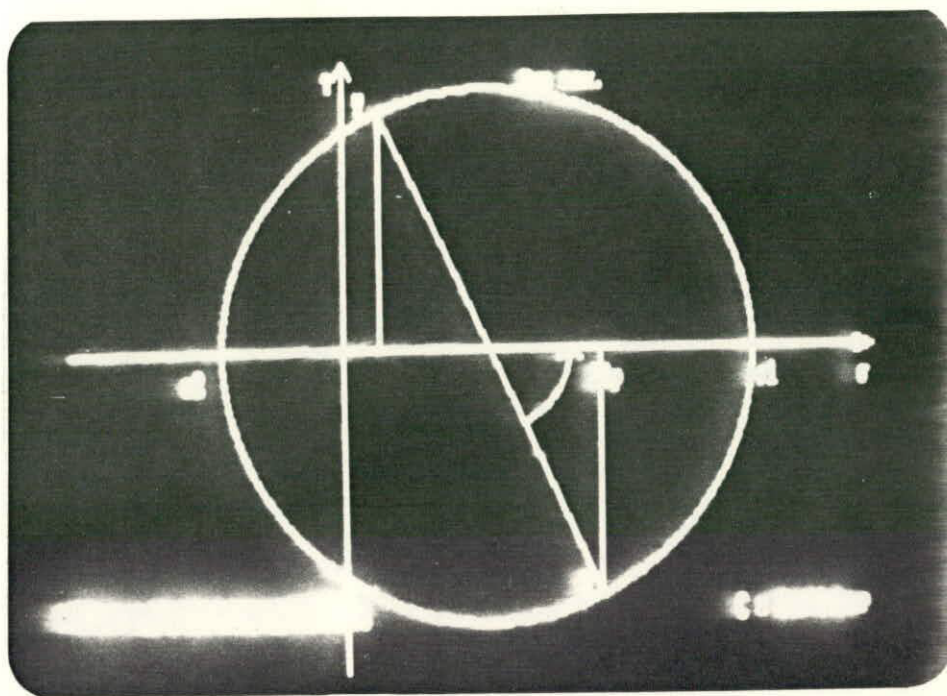


Fig.4.9

Fotografía gráfico círculo de Mohr

DESEA CALCULAR EL FACTOR DE SEGURIDAD S/N

ES EL MATERIAL FRAGIL O DUCTIL (F/D) ?

INGRESE LAS SIGUIENTES PROPIEDADES DEL MATERIAL

Sut [MPa] = ? 190

Suc [MPa] = ? 300

APLICANDO LA TEORIA DE COULOMB-MOHR DETERMINAMOS QUE

EL FACTOR DE SEGURIDAD ES $n = 1.221512$

DESEA GRAFICAR LA TEORIA DE FALLA (S/N) ?

Fig.4.10

Pantalla de datos y resultados para materiales frágiles

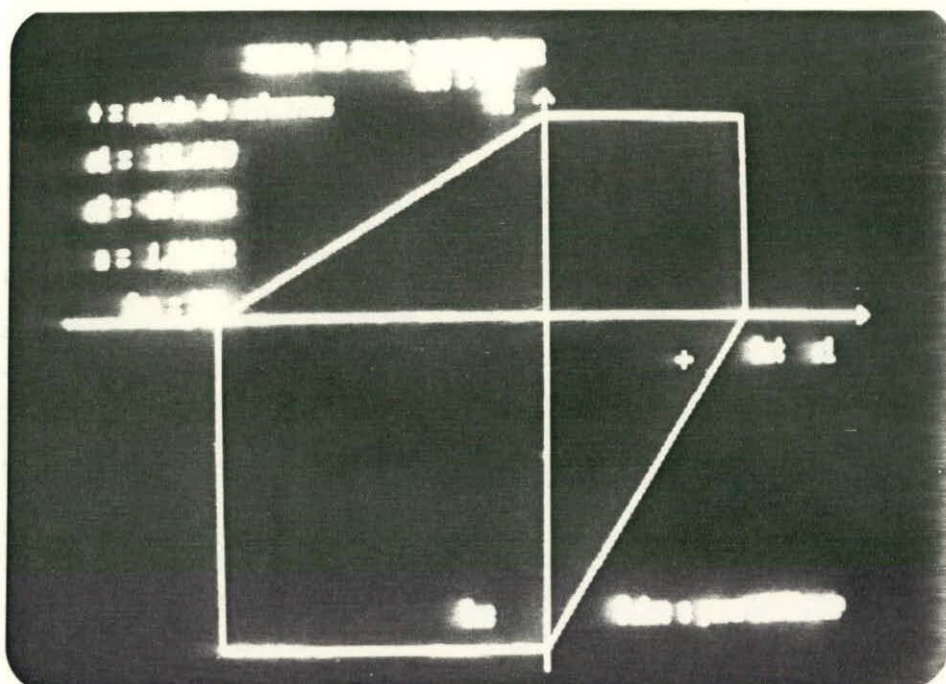


Fig.4.11

Fotografía del gráfico para falla frágil

DESEA CALCULAR EL FACTOR DE SEGURIDAD S/N

ES EL MATERIAL FRAGIL O DUCTIL (F/D) ?

INGRESE LAS SIGUIENTES PROPIEDADES DEL MATERIAL

Sy [MPa] = ? 250

APLICANDO LA TEORIA DE LA MAXIMA ENERGIA DE DISTORSION

O DE VON MISES, DETERMINAMOS QUE EL FACTOR DE SEGURIDAD ES :

n = 1.62275

DESEA GRAFICAR LA TEORIA DE FALLA (S/N) ?

Fig.4.12

Pantalla de datos y resultados de falla dúctil

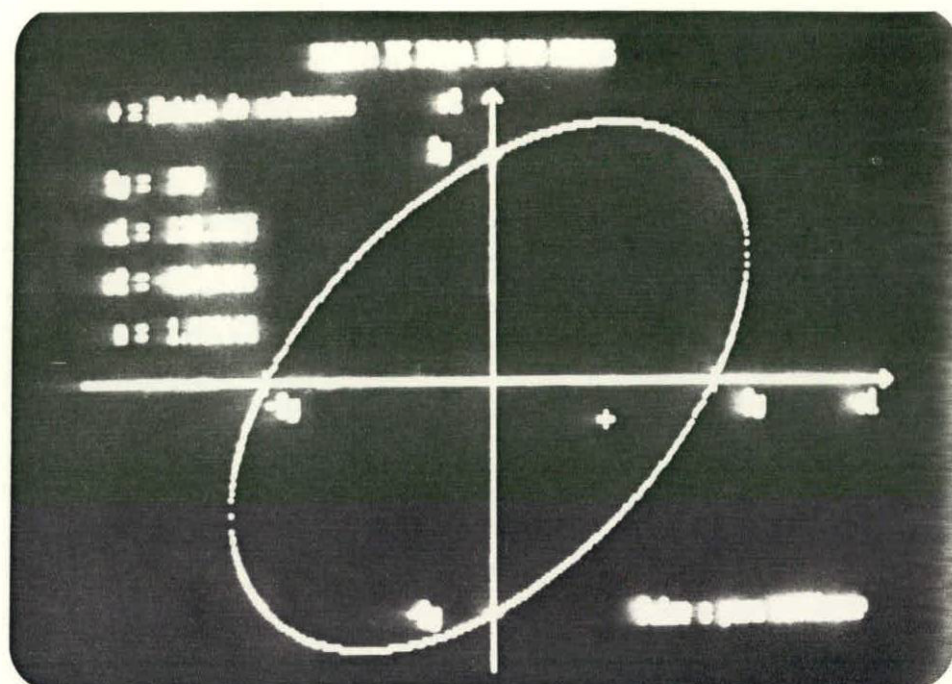


Fig.4.13

Fotografía del gráfico para falla dúctil

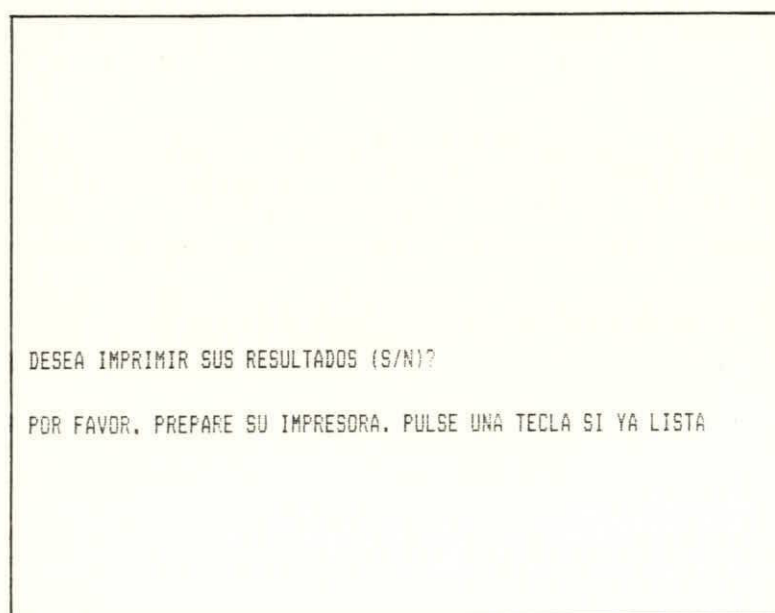


Fig.4.14

Pantalla para opción de imprimir

RESULTADOS DEL PROBLEMA CON
UNA ROSETA CON TRES EXTENSOMETROS EN CUALQUIER DIRECCION
CONSIDERANDO SENSITIVIDAD TRANSVERSAL

LOS DATOS INGRESADOS SON:

Ea = 400 Micrometros/metros
Eb = 220 Micrometros/metros
Ec = -320 Micrometros/metros

ESTOS DATOS CORREGIDOS CONSIDERANDO SENSITIVIDAD TRANSVERSAL SON:

Ea = 384.4724 Micrometros/metros
Eb = 207.0308 Micrometros/metros
Ec = -293.4937 Micrometros/metros

EL ESTADO DE DEFORMACIONES EN X,Y ES:

Ex = 379.2953 Micrometros/Metros
Ey = -61.1583 Micrometros/Metros
Gamma xy = 961.0625 Microradianes

EL ESTADO DE DEFORMACIONES PRINCIPALES ES:

E1 = 687.6605 Micrometros/Metros
E2 = -369.5236 Micrometros/Metros
Gamma xy max. = 1057.184 Microradianes
Teta p = 32.68905 Grados

PROPIEDADES DEL MATERIAL

MODULO DE ELASTICIDAD = 207 Giga Pa
COEF. DE POISSON = .29

EL ESTADO DE ESFUERZOS EN X,Y ES:

Sigma x = 81.71501 MPa
Sigma y = 11.03759 MPa
Tau xy = 77.10851 MPa

EL ESTADO DE ESFUERZOS PRINCIPALES ES:

Sigma 1 = 131.1969 MPa
Sigma 2 = -38.44428 MPa
Tau xy max. = 84.82059 MPa
Tau max. = 84.82059 MPa
Teta p = 32.68905 Grados

ES UN MATERIAL DUCTIL

Sy = 250 MPa

EL FACTOR DE SEGURIDAD CALCULADO ES:

n = 1.62275

Fig.4.15 Impresión de resultados

4.2 Resolución de otros problemas

Innumerables pruebas se han efectuado con el programa para estar seguro de que no se han cometido errores de programación o digitación comprobándose una y otra vez su validez.

Los ejercicios cuyos datos y resultados han sido impresos por el programa en las últimas páginas de este capítulo pertenecen a problemas propuestos por libros cuyos resultados han sido verificados.

La impresión de datos y resultados del problema 1 corresponden al problema 9.35 de la referencia bibliográfica 9 habiéndose efectuado un cambio de unidades. Ver recomendaciones del programa.

Los problemas 2,3 y 4 corresponden a problemas de ejemplo del capítulo 7 de la referencia bibliográfica 8. También se ha trabajado con distintas unidades.

El problema 5 es un ejemplo para casos especiales que no procede de ningún libro, pero los resultados han sido debidamente verificados.

RESULTADOS DEL PROBLEMA CON
 UNA ROSETA CON CUATRO EXTENSOMETROS EN CUALQUIER DIRECCION
 SIN CONSIDERAR SENSITIVIDAD TRANSVERSAL
 LOS DATOS INGRESADOS SON:

Ea = -120 Micrometros/metros
 Eb = 400 Micrometros/metros
 Ec = 1120 Micrometros/metros
 Ed = 600 Micrometros/metros

ANGULO ALFA = 0 Grados
 ANGULO BETA = 45 Grados
 ANGULO DELTA = 90 Grados
 ANGULO TETA = 135 Grados

EL ESTADO DE DEFORMACIONES EN X,Y ES:

Ex = -120.0001 Micrometros/Metros
 Ey = 1120 Micrometros/Metros
 Gamma xy = -199.9993 Microradianes

EL ESTADO DE DEFORMACIONES PRINCIPALES ES:

E1 = 1128.013 Micrometros/Metros
 E2 = -128.0129 Micrometros/Metros
 Gamma xy max. = 1256.026 Microradianes
 Teta p = 94.58116 Grados

PROPIEDADES DEL MATERIAL

MODULO DE ELASTICIDAD = .7 Giga Pa
 COEF. DE POISSON = .25

EL ESTADO DE ESFUERZOS EN X,Y ES:

Sigma x = .1194666 MPa
 Sigma y = .8138666 MPa
 Tao xy = -5.599981E-02 MPa

EL ESTADO DE ESFUERZOS PRINCIPALES ES:

Sigma 1 = .8183538 MPa
 Sigma 2 = .1149795 MPa
 Tao xy max. = .3516872 MPa
 Tao max. = .4091769 MPa
 Teta p = 94.58116 Grados

Fig. 4.16

Impresión del Problema 1

RESULTADOS DEL PROBLEMA CON UNA ROSETA RECTANGULAR
 SIN CONSIDERAR SENSITIVIDAD TRANSVERSAL
 LOS DATOS INGRESADOS SON:

Ea = 285 Micrometros/metros
 Eb = 65 Micrometros/metros
 Ec = 102 Micrometros/metros

EL ESTADO DE DEFORMACIONES EN X,Y ES:

Ex = 285 Micrometros/Metros
 Ey = 102 Micrometros/Metros
 Gamma xy = -257 Microradianes

EL ESTADO DE DEFORMACIONES PRINCIPALES ES:

E1 = 351.2482 Micrometros/Metros
 E2 = 35.75185 Micrometros/Metros
 Gamma xy max. = 315.4963 Microradianes
 Teta p = 152.7266 Grados

PROPIEDADES DEL MATERIAL

MODULO DE ELASTICIDAD = 30 Giga Pa
 COEF. DE POISSON = .3

EL ESTADO DE ESFUERZOS EN X,Y ES:

Sigma x = 10.4044 MPa
 Sigma y = 6.181319 MPa
 Tao xy = -2.965385 MPa

EL ESTADO DE ESFUERZOS PRINCIPALES ES:

Sigma 1 = 11.9332 MPa
 Sigma 2 = 4.652515 MPa
 Tao xy max. = 3.640343 MPa
 Tao max. = 5.9666 MPa
 Teta p = 152.7266 Grados

Fig. 4.17

Impresión del Problema 2

RESULTADOS DEL PROBLEMA CON UNA ROSETA TIPO DELTA
 SIN CONSIDERAR SENSITIVIDAD TRANSVERSAL
 LOS DATOS INGRESADOS SON:

$E_a = 374$ Micrometros/metros
 $E_b = -135$ Micrometros/metros
 $E_c = 227$ Micrometros/metros

EL ESTADO DE DEFORMACIONES EN X,Y ES:

$E_x = 374$ Micrometros/Metros
 $E_y = -63.3333$ Micrometros/Metros
 $\Gamma_{xy} = -418.0016$ Microradianes

EL ESTADO DE DEFORMACIONES PRINCIPALES ES:

$E_1 = 457.817$ Micrometros/Metros
 $E_2 = -147.1503$ Micrometros/Metros
 $\Gamma_{xy \text{ max.}} = 604.9673$ Microradianes
 $\theta_p = 158.1474$ Grados

PROPIEDADES DEL MATERIAL

MODULO DE ELASTICIDAD = 30 Giga Pa
 COEF. DE POISSON = .3

EL ESTADO DE ESFUERZOS EN X,Y ES:

$\sigma_x = 11.7033$ MPa
 $\sigma_y = 1.610989$ MPa
 $\tau_{xy} = -4.823096$ MPa

EL ESTADO DE ESFUERZOS PRINCIPALES ES:

$\sigma_1 = 13.63753$ MPa
 $\sigma_2 = -.323248$ MPa
 $\tau_{xy \text{ max.}} = 6.980391$ MPa
 $\tau_{\text{max.}} = 6.980391$ MPa
 $\theta_p = 158.1474$ Grados

ES UN MATERIAL FRAGIL

$S_{ut} = 40$ MPa
 $S_{uc} = 100$ MPa

EL FACTOR DE SEGURIDAD CALCULADO ES:
 $n = 2.905534$

Fig. 4.18

Impresión del Problema 3

RESULTADOS DEL PROBLEMA CONUNA ROSETA TIPO T-DELTA
 SIN CONSIDERAR SENSITIVIDAD TRANSVERSAL
 LOS DATOS INGRESADOS SON:

Ea = 225 Micrometros/metros
 Eb = 305 Micrometros/metros
 Ec = -65 Micrometros/metros
 Ed = -274 Micrometros/metros

EL ESTADO DE DEFORMACIONES EN X,Y ES:

Ex = 226.7778 Micrometros/Metros
 Ey = -59.66684 Micrometros/Metros
 Gamma xy = 668.5715 Microradianes

EL ESTADO DE DEFORMACIONES PRINCIPALES ES:

E1 = 447.2305 Micrometros/Metros
 E2 = -280.1195 Micrometros/Metros
 Gamma xy max. = 727.3501 Microradianes
 Teta p = 33.40383 Grados

PROPIEDADES DEL MATERIAL

MODULO DE ELASTICIDAD = 30 Giga Pa
 COEF. DE POISSON = .3

EL ESTADO DE ESFUERZOS EN X,Y ES:

Sigma x = 6.886079 MPa
 Sigma y = .2758189 MPa
 Tao xy = 7.714286 MPa

EL ESTADO DE ESFUERZOS PRINCIPALES ES:

Sigma 1 = 11.97345 MPa
 Sigma 2 = -4.811551 MPa
 Tao xy max. = 8.3925 MPa
 Tao max. = 8.3925 MPa
 Teta p = 33.40383 Grados

Fig. 4.19

Impresión del Problema 4

RESULTADOS DEL PROBLEMA CON EXTENSOMETROS EL TORSION PURA
SIN CONSIDERAR SENSITIVIDAD TRANSVERSAL
LOS DATOS INGRESADOS SON:

NUMERO DE EXTENSOMETROS = 4

LECTURA DEL PUENTE = 2000 Micrometros/Metros

$E_x = 0$ Micrometros/Metros

$E_y = 0$ Micrometros/Metros

$\Gamma_{xy} = 1000$ Microradianes

EL ESTADO DE DEFORMACIONES PRINCIPALES ES:

$E_1 = 500$ Micrometros/Metros

$E_2 = -500$ Micrometros/Metros

$\Gamma_{xy \text{ max.}} = 1000$ Microradianes

$\theta_p = 45$ Grados

PROPIEDADES DEL MATERIAL

MODULO DE ELASTICIDAD = 205 Giga Pa

COEF. DE POISSON = .29

EL ESTADO DE ESFUERZOS EN X,Y ES:

$\sigma_x = 0$ MPa

$\sigma_y = 0$ MPa

$\tau_{xy} = 79.45737$ MPa

EL ESTADO DE ESFUERZOS PRINCIPALES ES:

$\sigma_1 = 79.45737$ MPa

$\sigma_2 = -79.45737$ MPa

$\tau_{xy \text{ max.}} = 79.45737$ MPa

$\tau_{\text{max.}} = 79.45737$ MPa

$\theta_p = 45$ Grados

ES UN MATERIAL DUCTIL

$S_y = 682$ MPa

EL FACTOR DE SEGURIDAD CALCULADO ES:

$n = 4.95552$

Fig.4.20

Impresión del Problema 5.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El programa análisis experimental de esfuerzos escrito en Basic cumple con todos los objetivos trazados al iniciarse su elaboración como son:

- Resolver el problema general de análisis experimental de esfuerzos utilizando extensómetros de resistencia eléctrica. Esto es, se ingresan todas las lecturas de deformación medidas por el puente de Wheatstone, los factores del medidor de los extensómetros y el puente, la sensibilidad transversal, las propiedades del material ensayado y el computador nos entrega resultados de correcciones de lecturas de deformación considerando sensibilidad transversal, estados de deformaciones y esfuerzos tanto cartesianos como principales, gráfico del círculo de Mohr para esfuerzos, y el factor de seguridad para falla estática tanto para materiales frágiles como dúctiles incluyendo sus respectivos gráficos.

- Que el diseño del programa sea de tal forma que no se necesite conocer nada acerca de programación y computadoras para manejarlo y llevar ordenadamente a la persona hasta la consecución de sus resultados, presentándole dibujos explicativos y mensajes de error. Además el programa da libertad al usuario de calcular y

graficar tan solo lo que el desee, sin estar obligado a seguir toda la secuencia descrita en el párrafo anterior.

- Que por la gran cantidad de información del programa con muy poca ayuda extra, pueda servir como instructor a quien se inicia en el análisis experimental de esfuerzos.

El procesamiento de los datos de las rosetas considerando su sensibilidad transversal es uno de los puntos más relevantes de este proyecto dada la escasa información que se tiene sobre este efecto y lo extenso de los cálculos que representara si se lo desease resolver a mano.

En general el programa como un todo libra al usuario de un lento y tedioso proceso de cálculos haciéndole su trabajo más rápido y preciso.

Cabe destacar que cuando se elabora un programa para computadoras las posibilidades para mejorar, optimizar y/o ampliar el trabajo son casi siempre infinitas. Que mejor prueba, que hasta en los más sofisticados programas importados, ya sea educativos, científicos, estadísticos o de cualquier índole, los usuarios siempre nos encontramos con falencias para satisfacer nuestros requerimientos. Es por esta razón que no se puede decir

nunca de manera definitiva que un programa está terminado o que esté exento de errores. Es lo que ocurre en el caso de este proyecto.

Sobre el programa concretamente se puede recomendar a quien tenga un conocimiento más profundo de otros lenguajes de computadoras más sofisticados que lo resuelva para estos, dado que así se podrá mejorar probablemente la apariencia de las pantallas y quizás hasta la eficiencia del programa.

Se pueden hacer también innumerables ampliaciones por ejemplo: más casos especiales con extensómetros, la inclusión de teoría dentro del programa a manera de tutor, el estudio de las lacas frágiles, el incremento de los mensajes de error, etc.. Cabe advertir que para esto sería necesario concatenar varios programas en BASIC porque la memoria está próxima a terminarse.

Otra de las ampliaciones posibles del programa sería la implementación de la adquisición de los datos por medio de la computadora para que los datos de deformación no sean ingresados por teclado sino directamente del puente de Wheatstone al computador. Lograr este objetivo podría ser materia de estudio de un proyecto completo.

A quien desee estudiar este programa se le recomienda que primero estudie con detenimiento la teoría resuelta, luego se guie por los diagramas de flujo presentados y por último revise los listados. A quien en cambio se decida a empezar a diseñar un programa de las mismas características se le recuerda que debe ser muy metódico al trabajar anotando todas y cada una de las variables que utiliza, colocando muchos mensajes (REM) que luego le servirán de guía y sobre todo escribir con atención y cuidado. Es muy difícil encontrar un error en un programa tan extenso.

Finalmente, no hay mejor forma para aprender una materia que elaborar un programa para computadoras que resuelva los problemas que plantea ésta y es por esta razón que es recomendable incentivar la elaboración de más proyectos de esta naturaleza para que los estudiantes puedan desarrollar la mayor cantidad de programas científicos para su propio beneficio, el de la institución y del país en general. Programas como el presentado son muy costosos en el exterior, siendo ésta la principal justificación para la elaboración de este proyecto.

BIBLIOGRAFIA

1. AYALA, N. MS-DOS Basic, Editora Andina, Quito, 1984.
2. BERGHAUS, D.G. Calculations for Experimental Stress Analysis, SESA, Dearborn Michigan, 1980.
3. BUDYNAS, R. Advanced Strength of Materials, McGraw-Hill, 1984.
4. DALLY & RIVEY, Experimental Stress Analysis, Wiley & Sons, 1982.
5. GREENLEY, L. Commodore 128 Personal Computer System Guide, Commodore Electronics Limited, 1983.
6. HERN, E. Mechanics of Materials (Vol I y II), Pergamon Press Ltd., Oxford, 1985.
7. HEILBURN Commodore 128 Guia del Usuario, McGraw-Hill, 1983.
8. FERRY, U. The Strain Rate Primer, McGraw-Hill, New York, 1961.
9. PUPPE Introducción a la Mecánica de Sólidos, Limusa Mexico, 1983.

10. SALCEDO, J. Practique Matemáticas y Estadística con el Ordenador Colección Informática Aplicada Tomo 10, Ediciones Siglo Cultural, Madrid España, 1986.
11. SHIGLEY Diseño en Ingeniería Mecánica, McGraw-Hill, México, 1980.
12. SIKONOWITZ, W. Introducción al IBM PC, Mc.Graw-Hill, México, 1984.
13. SINGER Resistencia de Materiales, McGraw- Hill, México, 1980.
14. SUERO, F. Como dibujar y hacer Gráficos con el Ordenador Colección Informática Aplicada Tomo 2, Ediciones Siglo Cultural, Madrid España, 1986.