

## **APENDICE A**

### **DETERMINACION DE LA RED DE FLUJO A TRAVES DE UNA PRESA**

#### **A.1.- DETERMINACION DE LA FORMA TENTATIVA DE LA RED DE FLUJO.**

La red de flujo es una representación diagramática de las líneas de corriente y equipotenciales del escurrimiento del agua en un medio poroso, donde las líneas de flujo y las líneas equipotenciales deben intersectarse en ángulos rectos para formar áreas que son básicamente cuadradas cuando el material es isotrópico. Equipotenciales adyacentes tienen pérdidas iguales de carga.

Para trazar una primera aproximación de la red de flujo es necesario conocer las condiciones de frontera de la red que se intenta construir, para luego ayudado por la apariencia de redes de flujo bien construidas trazar una primera tentativa de la forma de la red de flujo para entrar en el programa.

En la Figura A.1 presentamos formas de líneas de flujo, con las que podemos hacer una primera aproximación de la línea de corriente superior.

Además debemos de tener en cuenta que cuando tenemos

suelos diferentes, el flujo es controlado por la capa mas permeable. La red de flujo puede dibujarse para la capa más permeable, asumiendo que la capa menos permeable es impermeable. Esta situación puede ocurrir cuando se esta usando una primera presa impermeable que tiene insuficiente, inefectivo, o no tiene drenaje, de tal manera que el agua pasa sobre este, por el material más permeable.

## A.2.- SOLUCION DE LA ECUACION ARMONICA EN DOS DIMENSIONES PARA LA DETERMINACION DEL FLUJO A TRAVES DE MEDIOS POROSOS.

{H2e-3.3}

Nombre del archivo de entrada de datos: reagua.dat

Nombre del archivo de salida de resultados: reagua.sal

Manera de entrar a cargar los datos:

Primero Escribir: x reagua.dat <enter>

Segundo colocar los datos de la siguiente forma:

- Título
- Número de nudos (máx. 1000), elementos (máx. 400), materiales
- Nudo, coordenadas X,Y, (cada nudo en una fila)
- Elemento, material, conectividad, (cada elemento tiene cuatro lados. los elementos deben darse en orden. Se interpolan datos omitidos.)
- Propiedades de materiales (en orden)

Material, código, propiedades: código 0: kxx,kyy,kxy

código 1: k11,k22,ang

- Condiciones de borde, combinaciones
- Número de condiciones de borde esenciales, nudos con fuentes concentradas,
- segmentos de borde con flujo normal prescrito (no nulo) y segmentos con condiciones de borde de convección (nu,np,nq,nc)
- Nudos donde la función es conocida a-priori (nu registros)
- nudo inicial, u, nudo final, incremento
- Fuentes concentradas (np registros)
- j, P
- Segmentos con flujo normal prescrito (nq registros)
- n1,n2,n3, q1,q2,q3 (3 es el nudo central)
- Segmentos con condiciones de borde de convección
- n1,n2,n3, h, u ref (3 es el nudo central)

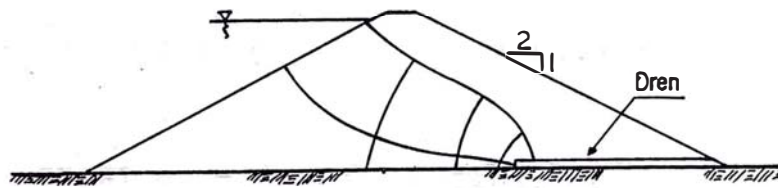
**Manera de entrar al archivo de resultados:** x reagua.sal  
<enter>

**Para correr el programa:**

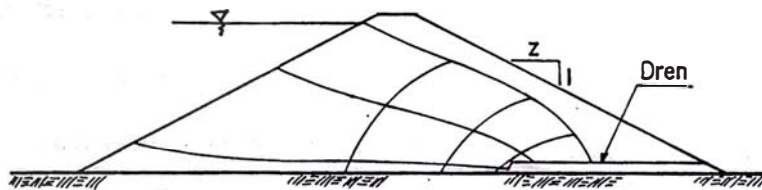
Primero: h2e relagua.dat <enter>

Segundo: relagua.sal <enter>

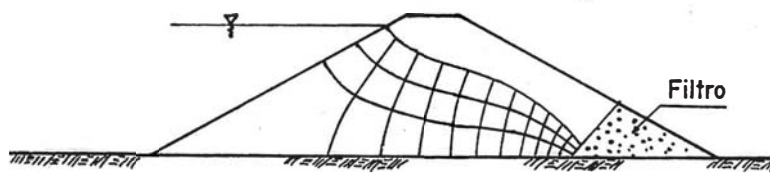
**Nota:** Los nombres de los archivos de entrada y salida mencionados arriba pueden ser otros, los define el usuario del programa. El programa se corre con el archivo H2E.EXE, y a los archivos de entrada y salida se entra con el archivo X.EXE.



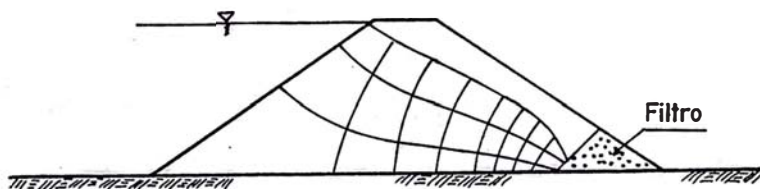
a.- Presa con dren aguas abajo y  $k_h = k_v$  (Ref. 5).



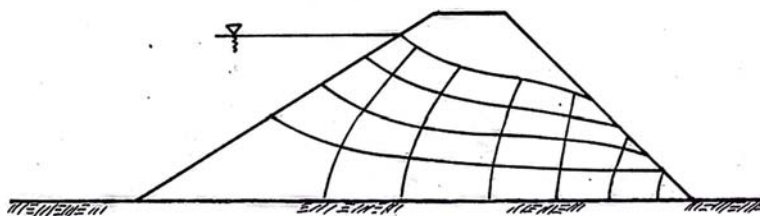
b.- Presa con dren aguas abajo y  $k_h = 4k_v$  (Ref. 5).



c.- Presa con filtro aguas abajo (Ref. 30).



d.- Presa con filtro aguas abajo y  $k_h = k_v$  (Ref. 5).



e.- Presa sin filtro ni dren y  $k_h > k_v$  (Ref. 30).

Figura A1.- Redes de Flujo en Presas de Tierra.

**Ejemplo:** Usando el programa {H2E - 3.3} resolver el flujo a través de la presa mostrada en la Figura 48.

Nombre del archivo de datos: reagua.dat

Nombre del archivo de salida: reagua.sal

Ingreso de datos:

x reagua.dat <enter>

Presa de relaves mostrada en la figura A.2 (Primera aprox.)

85,61,4
1,0,48
2,0,35
3,0,20
4,0,10
5,0,0
6,20,48
7,20,35
8,20,20
9,20,10
10,20,0
11,40,48
12,40,35
13,40,20
14,40,10
15,40,0
16,55,48
17,55,35
18,55,20
19,55,2.5
20,50,0
21,70,48
22,70,35
23,70,20
24,70,10
25,70,0
26,80,48
27,80,40
28,80,25
29,90,20
30,80,0
31,90,48
32,90,40
33,90,30
34,100,25
35,105,20
36,96,20
37,90,0

38,105,49.0  
39,105,40  
40,105,35  
41,105,27.5  
42,110,20  
43,106,15  
44,105,0  
45,115,50  
46,120,45  
47,120,40  
48,120,35  
49,120,25  
50,120,8  
51,120,0  
52,130,51  
53,136,49  
54,140,47  
55,142,46  
56,140,35  
57,135,30  
58,135,15  
59,136,0  
60,130,0  
61,157,35  
62,150,25  
63,150,10  
64,152,4  
65,152,0  
66,165,27  
67,160,20  
68,160,10  
69,160,4  
70,160,0  
71,175,15  
72,180,4  
73,180,0  
74,200,4  
75,200,0  
76,220,4  
77,220,0  
78,240,4  
79,240,0  
80,260,4  
81,260,0  
82,280,4  
83,280,0  
84,307.5,0  
85,300,0  
1,1,1,2,7,6  
2,1,2,3,8,7  
3,1,3,4,9,8  
4,1,4,5,10,9  
5,1,6,7,12,11  
6,1,7,8,13,12  
7,1,8,9,14,13  
8,1,9,10,15,14

9, 1, 11, 12, 17, 16  
10, 1, 12, 13, 18, 17  
11, 1, 13, 14, 19, 18  
12, 1, 14, 15, 20, 19  
13, 1, 16, 17, 22, 21  
14, 1, 17, 18, 23, 22  
15, 1, 18, 19, 24, 23  
16, 2, 19, 20, 25, 24  
17, 1, 21, 22, 27, 26  
18, 1, 22, 23, 28, 27  
19, 1, 23, 24, 29, 28  
20, 2, 24, 25, 30, 29  
21, 1, 26, 27, 32, 31  
22, 1, 27, 28, 33, 32  
23, 1, 28, 29, 34, 33  
24, 3, 29, 36, 35, 34  
25, 2, 29, 30, 37, 36  
26, 1, 31, 32, 39, 38  
27, 1, 32, 33, 40, 39  
28, 1, 33, 34, 41, 40  
29, 3, 34, 35, 42, 41  
30, 3, 35, 36, 43, 42  
31, 2, 36, 37, 44, 43  
32, 1, 38, 39, 46, 45  
33, 1, 39, 40, 47, 46  
34, 1, 40, 41, 48, 47  
35, 3, 41, 42, 49, 48  
36, 3, 42, 43, 50, 49  
37, 2, 43, 44, 51, 50  
38, 1, 45, 46, 53, 52  
39, 1, 46, 47, 54, 53  
40, 1, 47, 48, 55, 54  
41, 3, 48, 57, 56, 55  
42, 3, 48, 49, 58, 57  
43, 3, 49, 50, 59, 58  
44, 2, 50, 51, 60, 59  
45, 3, 55, 56, 62, 61  
46, 3, 56, 57, 58, 62  
47, 3, 58, 59, 63, 62  
48, 3, 59, 65, 64, 63  
49, 3, 61, 62, 67, 66  
50, 3, 62, 63, 68, 67  
51, 3, 63, 64, 69, 68  
52, 4, 64, 65, 70, 69  
53, 3, 66, 67, 68, 71  
54, 3, 68, 69, 72, 71  
55, 4, 69, 70, 73, 72  
56, 4, 72, 73, 75, 74  
57, 4, 74, 75, 77, 76  
58, 4, 76, 77, 79, 78  
59, 4, 78, 79, 81, 80  
60, 4, 80, 81, 83, 82  
61, 4, 82, 83, 85, 84  
1, 1, 1, 1  
2, 1, 1E-6, 1E-6  
3, 1, 1.4E-2, 8E-3

4,1,3,3  
3  
1,51,31,5  
38,51,52,7  
84,0

Para correr el programa: H2E relagua.dat <enter>  
relagua.sal <enter>

Para ver los resultados:  
x reagua.sal <enter>

Presa de relaves mostrada en la figura A.2 (primera  
aprox.)

{H2e} versión 3.3  
H.Scaletti (1990)

85 nudos  
61 elementos  
4 material(es)

#### Coordenadas de Nudos

nudo	X	Y	P
1	.000	48.000	.000
2	.000	35.000	.000
3	.000	20.000	.000
4	.000	10.000	.000
5	.000	.000	.000
6	20.000	48.000	.000
7	20.000	35.000	.000
8	20.000	20.000	.000
9	20.000	10.000	.000
10	20.000	.000	.000
11	40.000	48.000	.000
12	40.000	35.000	.000
13	40.000	20.000	.000
14	40.000	10.000	.000
15	40.000	.000	.000
16	55.000	48.000	.000
17	55.000	35.000	.000
18	55.000	20.000	.000
19	55.000	2.500	.000
20	50.000	.000	.000
21	70.000	48.000	.000
22	70.000	35.000	.000
23	70.000	20.000	.000
24	70.000	10.000	.000
25	70.000	.000	.000
26	80.000	48.000	.000



27	80.000	40.000	.000
28	80.000	25.000	.000
29	90.000	20.000	.000
30	80.000	.000	.000
31	90.000	48.000	.000
32	90.000	40.000	.000
33	90.000	30.000	.000
34	100.000	25.000	.000
35	105.000	20.000	.000
36	96.000	20.000	.000
37	90.000	.000	.000
38	105.000	49.000	.000
39	105.000	40.000	.000
40	105.000	35.000	.000
41	105.000	27.500	.000
42	110.000	20.000	.000
43	106.000	15.000	.000
44	105.000	.000	.000
45	115.000	50.000	.000
46	120.000	45.000	.000
47	120.000	40.000	.000
48	120.000	35.000	.000
49	120.000	25.000	.000
50	120.000	8.000	.000
51	120.000	.000	.000
52	130.000	51.000	.000
53	136.000	49.000	.000
54	140.000	47.000	.000
55	142.000	46.000	.000
56	140.000	35.000	.000
57	135.000	30.000	.000
58	135.000	15.000	.000
59	136.000	.000	.000
60	130.000	.000	.000
61	157.000	35.000	.000
62	150.000	25.000	.000
63	150.000	10.000	.000
64	152.000	4.000	.000
65	152.000	.000	.000
66	165.000	27.000	.000
67	160.000	20.000	.000
68	160.000	10.000	.000
69	160.000	4.000	.000
70	160.000	.000	.000
71	175.000	15.000	.000
72	180.000	4.000	.000
73	180.000	.000	.000
74	200.000	4.000	.000
75	200.000	.000	.000
76	220.000	4.000	.000
77	220.000	.000	.000
78	240.000	4.000	.000
79	240.000	.000	.000
80	260.000	4.000	.000
81	260.000	.000	.000
82	280.000	4.000	.000

83	280.000	.000	.000
84	307.500	.000	.000
85	300.000	.000	.000

Conectividad y Propiedades de Elementos

elem	m	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	p
1	1	1	2	7	6	0	0	0	0	0	.000
2	1	2	3	8	7	0	0	0	0	0	.000
3	1	3	4	9	8	0	0	0	0	0	.000
4	1	4	5	10	9	0	0	0	0	0	.000
5	1	6	7	12	11	0	0	0	0	0	.000
6	1	7	8	13	12	0	0	0	0	0	.000
7	1	8	9	14	13	0	0	0	0	0	.000
8	1	9	10	15	14	0	0	0	0	0	.000
9	1	11	12	17	16	0	0	0	0	0	.000
10	1	12	13	18	17	0	0	0	0	0	.000
11	1	13	14	19	18	0	0	0	0	0	.000
12	1	14	15	20	19	0	0	0	0	0	.000
13	1	16	17	22	21	0	0	0	0	0	.000
14	1	17	18	23	22	0	0	0	0	0	.000
15	1	18	19	24	23	0	0	0	0	0	.000
16	2	19	20	25	24	0	0	0	0	0	.000
17	1	21	22	27	26	0	0	0	0	0	.000
18	1	22	23	28	27	0	0	0	0	0	.000
19	1	23	24	29	28	0	0	0	0	0	.000
20	2	24	25	30	29	0	0	0	0	0	.000
21	1	26	27	32	31	0	0	0	0	0	.000
22	1	27	28	33	32	0	0	0	0	0	.000
23	1	28	29	34	33	0	0	0	0	0	.000
24	3	29	36	35	34	0	0	0	0	0	.000
25	2	29	30	37	36	0	0	0	0	0	.000
26	1	31	32	39	38	0	0	0	0	0	.000
27	1	32	33	40	39	0	0	0	0	0	.000
28	1	33	34	41	40	0	0	0	0	0	.000
29	3	34	35	42	41	0	0	0	0	0	.000
30	3	35	36	43	42	0	0	0	0	0	.000
31	2	36	37	44	43	0	0	0	0	0	.000
32	1	38	39	46	45	0	0	0	0	0	.000
33	1	39	40	47	46	0	0	0	0	0	.000
34	1	40	41	48	47	0	0	0	0	0	.000
35	3	41	42	49	48	0	0	0	0	0	.000
36	3	42	43	50	49	0	0	0	0	0	.000
37	2	43	44	51	50	0	0	0	0	0	.000
38	1	45	46	53	52	0	0	0	0	0	.000
39	1	46	47	54	53	0	0	0	0	0	.000
40	1	47	48	55	54	0	0	0	0	0	.000
41	3	48	57	56	55	0	0	0	0	0	.000
42	3	48	49	58	57	0	0	0	0	0	.000
43	3	49	50	59	58	0	0	0	0	0	.000
44	2	50	51	60	59	0	0	0	0	0	.000
45	3	55	56	62	61	0	0	0	0	0	.000
46	3	56	57	58	62	0	0	0	0	0	.000
47	3	58	59	63	62	0	0	0	0	0	.000
48	3	59	65	64	63	0	0	0	0	0	.000

49	3	61	62	67	66	0	0	0	0	0	.000
50	3	62	63	68	67	0	0	0	0	0	.000
51	3	63	64	69	68	0	0	0	0	0	.000
52	4	64	65	70	69	0	0	0	0	0	.000
53	3	66	67	68	71	0	0	0	0	0	.000
54	3	68	69	72	71	0	0	0	0	0	.000
55	4	69	70	73	72	0	0	0	0	0	.000
56	4	72	73	75	74	0	0	0	0	0	.000
57	4	74	75	77	76	0	0	0	0	0	.000
58	4	76	77	79	78	0	0	0	0	0	.000
59	4	78	79	81	80	0	0	0	0	0	.000
60	4	80	81	83	82	0	0	0	0	0	.000
61	4	82	83	85	84	0	0	0	0	0	.000

### Propiedades de Materiales

#### Material 1

Tensor K referido a ejes locales

k11 = 1.000E+00  
k22 = 1.000E+00  
ang = .000

#### Material 2

Tensor K referido a ejes locales

k11 = 1.000E-06  
k22 = 1.000E-06  
ang = .000

#### Material 3

Tensor K referido a ejes locales

k11 = 1.400E-02  
k22 = 8.000E-03  
ang = .000

#### Material 4

Tensor K referido a ejes locales

k11 = 3.000E+00  
k22 = 3.000E+00  
ang = .000

### Condiciones de Borde

Función Conocida a-priori

nudo	u
1	51.000
6	51.000
11	51.000
16	51.000
21	51.000
26	51.000
31	51.000
38	51.000
45	51.000
52	51.000
84	.000

nx = 74  
dim = 446

Valores Nodales de la Función y Componentes de Flujo

nudo	u	qx	qy
1	51.000	-4.140E-08	8.826E-05
2	50.999	-1.357E-05	7.934E-05
3	50.998	-2.639E-05	5.684E-05
4	50.997	-3.074E-05	2.885E-05
5	50.997	-3.202E-05	1.431E-05
6	51.000	-4.792E-08	1.095E-04
7	50.999	-3.450E-05	9.804E-05
8	50.997	-5.911E-05	6.972E-05
9	50.997	-6.644E-05	3.465E-05
10	50.997	-6.844E-05	1.717E-05
11	51.000	-4.787E-08	1.941E-04
12	50.997	-9.980E-05	1.649E-04
13	50.995	-1.533E-04	1.028E-04
14	50.995	-1.304E-04	4.700E-05
15	50.994	-1.235E-04	2.919E-05
16	51.000	-3.257E-07	3.606E-04
17	50.995	-2.476E-04	2.836E-04
18	50.992	-3.651E-04	1.152E-04
19	50.992	-1.630E-04	7.102E-06
20	50.993	-7.602E-05	-3.673E-05
21	51.000	-1.656E-07	7.454E-04
22	50.990	-3.833E-04	5.582E-04
23	50.984	-7.182E-04	1.375E-05
24	50.988	-3.432E-04	-1.720E-04
25	50.777	-5.275E-08	2.761E-08
26	51.000	7.651E-07	1.388E-03
27	50.989	-7.151E-04	1.111E-03
28	50.976	-1.455E-03	6.340E-04
29	50.960	-1.268E-03	1.656E-04

30	49.700	-1.294E-07	1.310E-07
31	51.000	-7.945E-05	2.365E-03
32	50.981	-1.158E-03	2.068E-03
33	50.962	-2.545E-03	2.414E-03
34	50.919	-3.644E-03	2.268E-03
35	47.339	-4.812E-03	3.980E-03
36	50.162	-1.957E-03	4.710E-05
37	48.159	-2.363E-07	1.721E-07
38	51.000	-4.159E-04	4.677E-03
39	50.958	-1.382E-03	4.514E-03
40	50.935	-2.587E-03	4.374E-03
41	50.901	-3.845E-03	4.399E-03
42	45.399	-5.280E-03	3.405E-03
43	45.163	-3.044E-03	1.630E-03
44	43.363	-4.615E-07	1.568E-07
45	51.000	-5.864E-04	5.425E-03
46	50.963	-3.156E-03	5.506E-03
47	50.927	-4.323E-03	6.722E-03
48	50.894	-5.203E-03	6.010E-03
49	44.013	-6.730E-03	5.037E-03
50	34.501	-3.692E-03	2.250E-03
51	34.232	-7.178E-07	4.869E-08
52	51.000	-2.551E-03	3.062E-02
53	50.911	-7.293E-03	1.496E-02
54	50.857	-7.171E-03	1.042E-02
55	50.832	-6.736E-03	7.528E-03
56	42.405	-6.508E-03	6.529E-03
57	40.906	-5.968E-03	5.808E-03
58	30.101	-6.585E-03	5.230E-03
59	20.817	-7.755E-03	4.188E-03
60	25.944	-8.374E-07	-3.729E-08
61	33.913	-6.943E-03	5.911E-03
62	29.956	-7.020E-03	6.393E-03
63	16.570	-1.024E-02	9.720E-03
64	5.807	-2.927E-02	1.146E-02
65	5.788	-3.227E-02	7.658E-03
66	24.875	-4.855E-03	5.954E-03
67	21.422	-6.170E-03	6.939E-03
68	12.285	-5.032E-03	7.895E-03
69	5.651	-3.617E-02	6.291E-03
70	5.646	-6.908E-02	3.961E-03
71	12.572	-2.875E-03	5.503E-03
72	5.082	-6.133E-02	2.400E-03
73	5.081	-9.140E-02	1.045E-03
74	4.427	-9.824E-02	-2.149E-04
75	4.427	-9.812E-02	-2.148E-04
76	3.772	-9.813E-02	-1.597E-04
77	3.773	-9.823E-02	-1.595E-04
78	3.118	-9.834E-02	8.722E-04
79	3.117	-9.802E-02	8.720E-04
80	2.461	-9.756E-02	-3.436E-03
81	2.466	-9.880E-02	-3.436E-03
82	1.818	-1.463E-01	1.385E-02
83	1.800	-1.476E-01	1.585E-02
84	.000	-1.983E-01	3.717E-03
85	.497	-1.961E-01	-1.382E-02

Los valores de las ordenadas de los puntos que forman la línea superior deben ser idénticos o cercanos a los valores obtenidos para la función Potencial en estos puntos, si no es así, se vuelve a cargar el archivo de entrada cambiando solo las ordenadas de estos puntos por los valores de la función potencial hallados y se vuelve a correr el programa. Así tenemos que para la presa de relaves mostrada en la figura A.1, los puntos que forman la línea de corriente superior son: 53, 54, 55, 61, 66, 71, 72, 74, 76, 78, 80 y 82.

Para la última corrida tenemos:

**Archivo de datos:**

PRESA DE RELAVES MOSTRADA EN LA FIGURA 48

85,61,4  
1,0,48  
2,0,35  
3,0,20  
4,0,10  
5,0,0  
6,20,48  
7,20,35  
8,20,20  
9,20,10  
10,20,0  
11,40,48  
12,40,35  
13,40,20  
14,40,10  
15,40,0  
16,55,48  
17,55,35  
18,55,20  
19,55,2.5  
20,50,0  
21,70,48  
22,70,35  
23,70,20  
24,70,10  
25,70,0  
26,80,48  
27,80,40  
28,80,25

29,90,20  
30,80,0  
31,90,48  
32,90,40  
33,90,30  
34,100,25  
35,105,20  
36,96,20  
37,90,0  
38,105,49.0  
39,105,40  
40,105,35  
41,105,27.5  
42,110,20  
43,106,15  
44,105,0  
45,115,50  
46,120,45  
47,120,40  
48,120,35  
49,120,25  
50,120,8  
51,120,0  
52,130,51  
53,136,50.924  
54,140,50.873  
55,151,50.775  
56,140,35  
57,135,30  
58,135,15  
59,136,0  
60,130,0  
61,157,44.730  
62,150,25  
63,150,10  
64,152,4  
65,152,0  
66,165,38.254  
67,160,20  
68,160,10  
69,160,4  
70,160,0  
71,175,8.492  
72,180,6.362  
73,180,0  
74,200,5.842  
75,200,0  
76,220,5.270  
77,220,0  
78,240,4.629  
79,240,0  
80,260,3.881  
81,260,0  
82,280,2.960  
83,280,0  
84,307.5,0

85,300,0  
1,1,1,2,7,6  
2,1,2,3,8,7  
3,1,3,4,9,8  
4,1,4,5,10,9  
5,1,6,7,12,11  
6,1,7,8,13,12  
7,1,8,9,14,13  
8,1,9,10,15,14  
9,1,11,12,17,16  
10,1,12,13,18,17  
11,1,13,14,19,18  
12,1,14,15,20,19  
13,1,16,17,22,21  
14,1,17,18,23,22  
15,1,18,19,24,23  
16,2,19,20,25,24  
17,1,21,22,27,26  
18,1,22,23,28,27  
19,1,23,24,29,28  
20,2,24,25,30,29  
21,1,26,27,32,31  
22,1,27,28,33,32  
23,1,28,29,34,33  
24,3,29,36,35,34  
25,2,29,30,37,36  
26,1,31,32,39,38  
27,1,32,33,40,39  
28,1,33,34,41,40  
29,3,34,35,42,41  
30,3,35,36,43,42  
31,2,36,37,44,43  
32,1,38,39,46,45  
33,1,39,40,47,46  
34,1,40,41,48,47  
35,3,41,42,49,48  
36,3,42,43,50,49  
37,2,43,44,51,50  
38,1,45,46,53,52  
39,1,46,47,54,53  
40,1,47,48,55,54  
41,3,48,57,56,55  
42,3,48,49,58,57  
43,3,49,50,59,58  
44,2,50,51,60,59  
45,3,55,56,62,61  
46,3,56,57,58,62  
47,3,58,59,63,62  
48,3,59,65,64,63  
49,3,61,62,67,66  
50,3,62,63,68,67  
51,3,63,64,69,68  
52,4,64,65,70,69  
53,3,66,67,68,71  
54,3,68,69,72,71  
55,4,69,70,73,72



56,4,72,73,75,74  
 57,4,74,75,77,76  
 58,4,76,77,79,78  
 59,4,78,79,81,80  
 60,4,80,81,83,82  
 61,4,82,83,85,84  
 1,1,1,1  
 2,1,1E-6,1E-6  
 3,1,1.4E-2,8E-3  
 4,1,3,3  
 3  
 1,51,31,5  
 38,51,52,7  
 84,0

**Archivo de salida:**

PRESA DE RELAVES MOSTRADA EN LA FIGURA 48

{H2e} versión 3.3  
 H.Scaletti (1990)

85 nudos  
 61 elementos  
 4 material(es)

Coordenadas de Nudos

nudo	X	Y	P
1	.000	48.000	.000
2	.000	35.000	.000
3	.000	20.000	.000
4	.000	10.000	.000
5	.000	.000	.000
6	20.000	48.000	.000
7	20.000	35.000	.000
8	20.000	20.000	.000
9	20.000	10.000	.000
10	20.000	.000	.000
11	40.000	48.000	.000
12	40.000	35.000	.000
13	40.000	20.000	.000
14	40.000	10.000	.000
15	40.000	.000	.000
16	55.000	48.000	.000
17	55.000	35.000	.000
18	55.000	20.000	.000
19	55.000	2.500	.000
20	50.000	.000	.000
21	70.000	48.000	.000
22	70.000	35.000	.000
23	70.000	20.000	.000
24	70.000	10.000	.000
25	70.000	.000	.000

26	80.000	48.000	.000
27	80.000	40.000	.000
28	80.000	25.000	.000
29	90.000	20.000	.000
30	80.000	.000	.000
31	90.000	48.000	.000
32	90.000	40.000	.000
33	90.000	30.000	.000
34	100.000	25.000	.000
35	105.000	20.000	.000
36	96.000	20.000	.000
37	90.000	.000	.000
38	105.000	49.000	.000
39	105.000	40.000	.000
40	105.000	35.000	.000
41	105.000	27.500	.000
42	110.000	20.000	.000
43	106.000	15.000	.000
44	105.000	.000	.000
45	115.000	50.000	.000
46	120.000	45.000	.000
47	120.000	40.000	.000
48	120.000	35.000	.000
49	120.000	25.000	.000
50	120.000	8.000	.000
51	120.000	.000	.000
52	130.000	51.000	.000
53	136.000	50.924	.000
54	140.000	50.873	.000
55	151.000	50.775	.000
56	140.000	35.000	.000
57	135.000	30.000	.000
58	135.000	15.000	.000
59	136.000	.000	.000
60	130.000	.000	.000
61	157.000	44.730	.000
62	150.000	25.000	.000
63	150.000	10.000	.000
64	152.000	4.000	.000
65	152.000	.000	.000
66	165.000	38.254	.000
67	160.000	20.000	.000
68	160.000	10.000	.000
69	160.000	4.000	.000
70	160.000	.000	.000
71	175.000	8.492	.000
72	180.000	6.362	.000
73	180.000	.000	.000
74	200.000	5.842	.000
75	200.000	.000	.000
76	220.000	5.270	.000
77	220.000	.000	.000
78	240.000	4.629	.000
79	240.000	.000	.000
80	260.000	3.881	.000
81	260.000	.000	.000

82	280.000	2.960	.000
83	280.000	.000	.000
84	307.500	.000	.000
85	300.000	.000	.000

Conectividad y Propiedades de Elementos

elem	m	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	p
1	1	1	2	7	6	0	0	0	0	0	.000
2	1	2	3	8	7	0	0	0	0	0	.000
3	1	3	4	9	8	0	0	0	0	0	.000
4	1	4	5	10	9	0	0	0	0	0	.000
5	1	6	7	12	11	0	0	0	0	0	.000
6	1	7	8	13	12	0	0	0	0	0	.000
7	1	8	9	14	13	0	0	0	0	0	.000
8	1	9	10	15	14	0	0	0	0	0	.000
9	1	11	12	17	16	0	0	0	0	0	.000
10	1	12	13	18	17	0	0	0	0	0	.000
11	1	13	14	19	18	0	0	0	0	0	.000
12	1	14	15	20	19	0	0	0	0	0	.000
13	1	16	17	22	21	0	0	0	0	0	.000
14	1	17	18	23	22	0	0	0	0	0	.000
15	1	18	19	24	23	0	0	0	0	0	.000
16	2	19	20	25	24	0	0	0	0	0	.000
17	1	21	22	27	26	0	0	0	0	0	.000
18	1	22	23	28	27	0	0	0	0	0	.000
19	1	23	24	29	28	0	0	0	0	0	.000
20	2	24	25	30	29	0	0	0	0	0	.000
21	1	26	27	32	31	0	0	0	0	0	.000
22	1	27	28	33	32	0	0	0	0	0	.000
23	1	28	29	34	33	0	0	0	0	0	.000
24	3	29	36	35	34	0	0	0	0	0	.000
25	2	29	30	37	36	0	0	0	0	0	.000
26	1	31	32	39	38	0	0	0	0	0	.000
27	1	32	33	40	39	0	0	0	0	0	.000
28	1	33	34	41	40	0	0	0	0	0	.000
29	3	34	35	42	41	0	0	0	0	0	.000
30	3	35	36	43	42	0	0	0	0	0	.000
31	2	36	37	44	43	0	0	0	0	0	.000
32	1	38	39	46	45	0	0	0	0	0	.000
33	1	39	40	47	46	0	0	0	0	0	.000
34	1	40	41	48	47	0	0	0	0	0	.000
35	3	41	42	49	48	0	0	0	0	0	.000
36	3	42	43	50	49	0	0	0	0	0	.000
37	2	43	44	51	50	0	0	0	0	0	.000
38	1	45	46	53	52	0	0	0	0	0	.000
39	1	46	47	54	53	0	0	0	0	0	.000
40	1	47	48	55	54	0	0	0	0	0	.000
41	3	48	57	56	55	0	0	0	0	0	.000
42	3	48	49	58	57	0	0	0	0	0	.000
43	3	49	50	59	58	0	0	0	0	0	.000
44	2	50	51	60	59	0	0	0	0	0	.000
45	3	55	56	62	61	0	0	0	0	0	.000
46	3	56	57	58	62	0	0	0	0	0	.000
47	3	58	59	63	62	0	0	0	0	0	.000

48	3	59	65	64	63	0	0	0	0	0	.000
49	3	61	62	67	66	0	0	0	0	0	.000
50	3	62	63	68	67	0	0	0	0	0	.000
51	3	63	64	69	68	0	0	0	0	0	.000
52	4	64	65	70	69	0	0	0	0	0	.000
53	3	66	67	68	71	0	0	0	0	0	.000
54	3	68	69	72	71	0	0	0	0	0	.000
55	4	69	70	73	72	0	0	0	0	0	.000
56	4	72	73	75	74	0	0	0	0	0	.000
57	4	74	75	77	76	0	0	0	0	0	.000
58	4	76	77	79	78	0	0	0	0	0	.000
59	4	78	79	81	80	0	0	0	0	0	.000
60	4	80	81	83	82	0	0	0	0	0	.000
61	4	82	83	85	84	0	0	0	0	0	.000

### Propiedades de Materiales

Material 1

Tensor K referido a ejes locales

k11 = 1.000E+00  
k22 = 1.000E+00  
ang = .000

Material 2

Tensor K referido a ejes locales

k11 = 1.000E-06  
k22 = 1.000E-06  
ang = .000

Material 3

Tensor K referido a ejes locales

k11 = 1.400E-02  
k22 = 8.000E-03  
ang = .000

Material 4

Tensor K referido a ejes locales

k11 = 3.000E+00  
k22 = 3.000E+00  
ang = .000

### Condiciones de Borde

Función Conocida a-priori

nudo u

1	51.000
6	51.000
11	51.000
16	51.000
21	51.000
26	51.000
31	51.000
38	51.000
45	51.000
52	51.000
84	.000

nx = 74  
dim = 446

Valores Nodales de la Función y Componentes de Flujo

nudo	u	qx	qy
1	51.000	-1.317E-08	8.161E-05
2	50.999	-1.285E-05	7.341E-05
3	50.998	-2.430E-05	5.245E-05
4	50.998	-2.829E-05	2.663E-05
5	50.997	-2.992E-05	1.357E-05
6	51.000	-3.800E-08	1.013E-04
7	50.999	-3.170E-05	9.061E-05
8	50.997	-5.469E-05	6.446E-05
9	50.997	-6.141E-05	3.221E-05
10	50.997	-6.337E-05	1.601E-05
11	51.000	1.248E-07	1.796E-04
12	50.998	-9.229E-05	1.526E-04
13	50.996	-1.417E-04	9.517E-05
14	50.995	-1.208E-04	4.329E-05
15	50.995	-1.142E-04	2.633E-05
16	51.000	-9.639E-08	3.336E-04
17	50.996	-2.290E-04	2.623E-04
18	50.993	-3.380E-04	1.065E-04
19	50.993	-1.506E-04	6.533E-06
20	50.994	-7.041E-05	-3.402E-05
21	51.000	-1.495E-07	6.894E-04
22	50.991	-3.535E-04	5.167E-04
23	50.986	-6.644E-04	1.232E-05
24	50.989	-3.185E-04	-1.599E-04
25	50.787	-5.066E-08	2.652E-08
26	51.000	5.215E-07	1.281E-03
27	50.990	-6.525E-04	1.027E-03
28	50.978	-1.347E-03	5.938E-04
29	50.963	-1.188E-03	1.794E-04
30	49.751	-1.244E-07	1.259E-07
31	51.000	-7.330E-05	2.162E-03
32	50.983	-9.877E-04	1.907E-03
33	50.965	-2.294E-03	2.294E-03
34	50.925	-3.427E-03	2.166E-03
35	47.492	-4.615E-03	3.818E-03

36	50.199	-1.876E-03	4.313E-05
37	48.270	-2.279E-07	1.658E-07
38	51.000	-3.515E-04	4.080E-03
39	50.963	-1.038E-03	4.057E-03
40	50.942	-2.060E-03	4.246E-03
41	50.908	-3.445E-03	4.330E-03
42	45.631	-5.026E-03	3.271E-03
43	45.408	-2.941E-03	1.573E-03
44	43.640	-4.479E-07	1.534E-07
45	51.000	-1.217E-04	1.069E-03
46	50.973	-2.494E-03	3.579E-03
47	50.944	-4.118E-03	5.311E-03
48	50.917	-4.890E-03	5.379E-03
49	44.379	-6.459E-03	4.858E-03
50	35.072	-3.637E-03	2.201E-03
51	34.759	-7.048E-07	5.463E-08
52	51.000	-5.298E-03	5.030E-02
53	50.922	-1.072E-02	1.753E-02
54	50.870	-9.987E-03	1.132E-02
55	50.779	-6.145E-03	6.299E-03
56	43.419	-5.641E-03	5.954E-03
57	41.716	-5.303E-03	5.768E-03
58	30.904	-5.865E-03	5.287E-03
59	21.468	-7.729E-03	4.303E-03
60	26.564	-8.295E-07	-4.338E-08
61	44.397	-3.601E-03	5.805E-03
62	31.844	-6.231E-03	6.749E-03
63	17.427	-1.055E-02	1.021E-02
64	6.293	-3.041E-02	1.224E-02
65	6.272	-3.243E-02	8.499E-03
66	38.355	-2.516E-03	6.971E-03
67	23.305	-5.678E-03	7.827E-03
68	12.956	-4.526E-03	8.723E-03
69	6.129	-3.345E-02	4.972E-03
70	6.128	-6.154E-02	7.728E-04
71	8.227	-3.115E-03	6.942E-03
72	5.665	-4.687E-02	2.203E-03
73	5.666	-6.956E-02	-5.089E-04
74	5.204	-7.272E-02	1.344E-03
75	5.201	-7.296E-02	1.344E-03
76	4.695	-8.089E-02	9.675E-04
77	4.693	-8.098E-02	9.673E-04
78	4.125	-9.262E-02	2.259E-03
79	4.121	-9.252E-02	2.260E-03
80	3.459	-1.114E-01	-7.534E-04
81	3.459	-1.123E-01	-7.535E-04
82	2.640	-2.041E-01	1.625E-02
83	2.624	-2.053E-01	1.867E-02
84	.000	-2.880E-01	4.444E-03
85	.721	-2.861E-01	-1.673E-02

## **APENDICE B**

### **ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE UNA PRESA**

Para analizar la estabilidad de taludes en una presa utilizaremos dos programas escritos en lenguaje BASIC. El primer programa se usa para calcular los coeficientes sísmicos a partir de factores de seguridad asumidos para superficies de falla circulares utilizando el Método Riguroso del Dr. Sarma, que fue expuesta en el Capítulo III, sección 3.4.1b de la presente tesis. El segundo programa se usa para calcular los factores de seguridad para superficies de falla circulares utilizando el Método Simplificado de Bishop, con y sin carga, expuesta en el Capítulo III sección 3.4.1b del presente trabajo.

#### **B.1.- DEFINICION DE LA SECCION TRANSVERSAL DE LA PRESA.**

La superficie del talud la definimos por medio de la función  $G(x)$ . El pie aguas abajo de la presa esta ubicada en el origen de coordenadas  $xy$ . En este caso se trata de una presa de con una altura total  $H$ , un talud  $z:1$  y un ancho de corona  $W_a$ .

Tendremos la función  $G(x)$ :

$$G(x)=x/z, \text{ si } x \leq v_1 \quad (b.1.1)$$

$$G(x)=H, \text{ si } x > v_1 \quad (b.1.2)$$

donde:  $v_1=H*z$

**A.2.- DETERMINACION DEL CENTRO DEL ARCO DE FALLA CIRCULAR (X<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub>) Y LA ECUACION DE LA SUPERFICIE DE FALLA (F(x)).**

La ecuación general de una circunferencia:

$$(X-X_0)^2+(Y-Y_0)^2=R^2 \quad (b.2)$$

El arco circular de falla esta definida por la función F(x), y pasa por el punto 1 (extremo inferior de la superficie de falla) y por el punto 2 (extremo superior de la superficie de falla), y de su radio R. Para hallar la función F(x) tenemos las coordenadas del punto 1 (x<sub>1</sub>,y<sub>1</sub>) y del punto 2 (x<sub>2</sub>,y<sub>2</sub>), hallados al definir la profundidad de la superficie de falla medido desde la corona (h) y ancho de la corona dentro de la masa deslizante (V), como se muestra en la Figura B1, así como el radio R de la circunferencia. Tendremos:

$$X_1= (H-h)*z \quad (b.3.1)$$

$$Y_1= H-h \quad (b.3.2)$$

$$X_2= H*z+V \quad (b.3.3)$$

$$Y_2= G(X_2) \quad (b.3.4)$$



Cabe notar que  $V$  es positivo si el arco de falla pasa por la corona, y  $V$  es negativo si no corta la corona, se muestra en la Figura B1.

Como el arco de falla pasa por el punto 1 de coordenadas  $(X1, Y1)$ , este debe cumplir con la ecuación (b.2), así:

$$(X1 - X_0)^2 + (Y1 - Y_0)^2 = R^2 \quad (b.4)$$

Como pasa por el punto 2 de coordenadas  $(X2, Y2)$ , este debe cumplir con la ecuación (b.2), así:

$$(X2 - X_0)^2 + (Y2 - Y_0)^2 = R^2 \quad (b.5)$$

Haciendo:

$$A1 = X1 \quad (b.5.1)$$

$$A2 = Y1 \quad (b.5.2)$$

$$B1 = X2 \quad (b.5.3)$$

$$B2 = Y2 \quad (b.5.4)$$

Entonces:

$$A1^2 + X_0^2 - 2 * A1 * X_0 + A2^2 + Y_0^2 - 2 * A2 * Y_0 = R^2 \quad (b.6.1)$$

$$B1^2 + X_0^2 - 2 * B1 * X_0 + B2^2 + Y_0^2 - 2 * B2 * Y_0 = R^2 \quad (b.6.2)$$

Restando la ecuación (b.6.2) de la ecuación (b.6.1):

$$A1^2 - B1^2 - 2 * X_0 * (A1 - B1) + A2^2 - B2^2 - 2 * Y_0 * (A2 - B2) = 0 \quad (b.7)$$

Haciendo:

$$A3=A1^2-B1^2+A2^2-B2^2 \quad (b.8)$$

$$A4=A1-B1 \quad (b.9)$$

$$A5=A2-B2 \quad (b.10)$$

Tenemos:

$$A3-2*A4*Xo-2*A5*Yo=0 \quad (b.11)$$

De donde:

$$Xo=(A3-2*A5*Yo)/(2*A4) \quad (b.12)$$

Reemplazando el valor de Xo de la expresión (b.12) en la ecuación b.6.2:

$$B1^2+((A3-2*A5*Yo)/(2*A4))^2-2*B1*((A3-2*A5*Yo)/(2*A4)) + B2^2+Yo^2-2*B2*Yo=R^2 \quad (b.13)$$

Haciendo:

$$A6=B1^2+B2^2 \quad (b.14)$$

Simplificando:

$$4*A4^2*A6+A3^2+4*A5^2*Yo^2-4*A3*A5*Yo- 4*A3*A4*B1 + 8*A4*A5*B1*Yo+4*A4^2*Yo^2-8*A4^2*B2*Yo-4*A4^2*R^2 = 0 \quad (b.15)$$

Haciendo:

$$A7=4*A4^2*A6-4*A3*A4*B1-4*A4^2*R^2 \quad (b.16)$$

$$A8=4*A5^2+4*A4^2 \quad (b.17)$$

$$A9=8*A4*A5*B1-4*A3*A5-8*A4^2*B2 \quad (b.18)$$

Reemplazando:

$$A8*Y_o^2+A9*Y_o+A7=0 \quad (b.19)$$

La solución será:

$$Y_o=(-A9+SQR(A9^2-4*A8*A7))/(2*A8) \quad (b.20)$$

Haremos:

$$A10=(-A9+SQR(A9^2-4*A8*A7))/(2*A8) \quad (b.21)$$

Reemplazando en la ecuación (b.12):

$$X_o=(A3-2*A5*A10)/(2*A4) \quad (b.22)$$

Haremos:

$$A11=(A3-2*A5*A10)/(2*A4) \quad (b.23)$$

La ecuación de la circunferencia será:

$$(X-A11)^2+(Y-A10)^2=R^2 \quad (b.24)$$

donde:

$$X_o=A11 \quad (b.25)$$

y

$$Y_o=A10 \quad (b.26)$$

Por lo tanto la función  $F(x)$  sera:

$$F(X)=A10-SQR(R^2-(X-A11)^2) \quad (b.27)$$

**B.3.- DETERMINACION DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MASA  
DESGLIZANTE ENCERRADA POR LAS FUNCIONES  $G(x)$  y**

$F(x)$ .

Para determinar el centro de gravedad de la masa deslizante  $(X_g, Y_g)$ , usaremos el método del trapecio, para lo cual dividiremos a la masa en  $n$  dovelas verticales (Figura B.2).

Suponiendo que toda la sección tiene un peso volumetrico identico, el centro de gravedad de la masa deslizante será el centro de la figura encerrada por las funciones  $G(x)$  y  $F(x)$ .

Haciendo:

$$A_T = \sum A_i \quad (b.28)$$

$$M_y = \sum A_i * X_i \quad (b.29)$$

$$M_x = \sum A_i * Y_i \quad (b.30)$$

Donde:  $A_T$  es el área total,  $A_i$  es el área de la dovela  $i$ ésima,  $M_y$  es el momento respecto al eje  $Y$ ,  $X_i$  es el centro de gravedad de la dovela  $i$ ésima,  $M_x$  es el momento respecto al eje  $X$ , y  $Y_i$  es el centro de gravedad de la dovela  $i$ ésima;  $i$  varia desde 1 hasta  $N$ .

Además, para formar las  $N$  dovelas tendremos  $N+1$  secciones verticales como se muestra en la Figura b.2.

La altura de la sección vertical  $i$ ésima ( $H_i$ ) será:

$$H_i = G(x_i) - F(x_i) \quad (b.31)$$

donde:

$$x_i = X_1 + b * (i-1) \quad (b.32)$$

$$b = (X_2 - X_1) / N \quad (b.33)$$

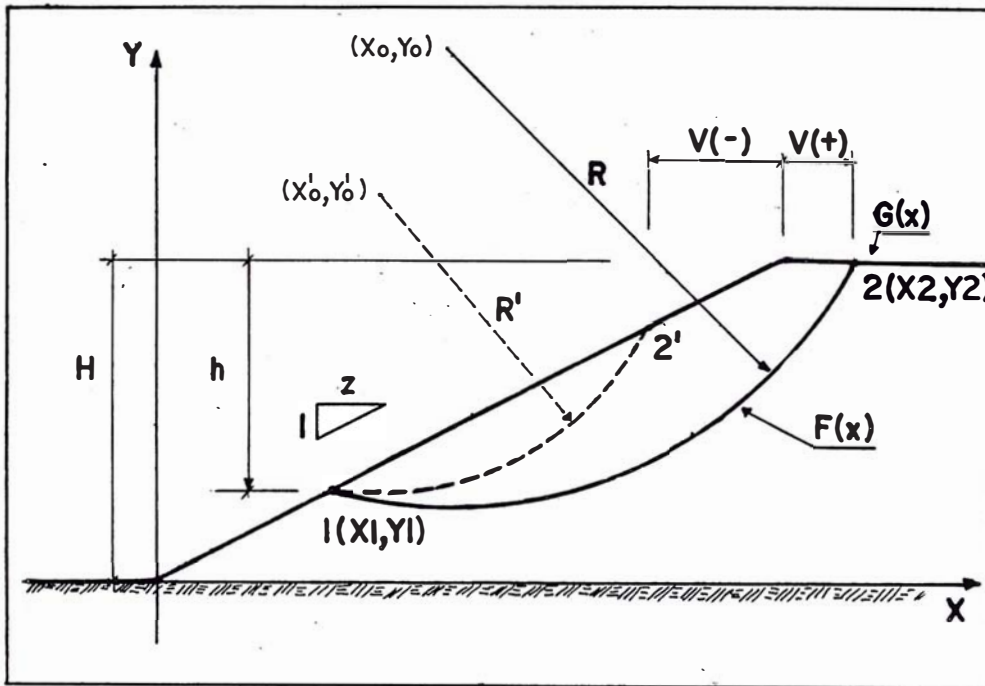


Figura B1.- Parámetros Usados para Definir la Geometría de la Masa Deslizante.

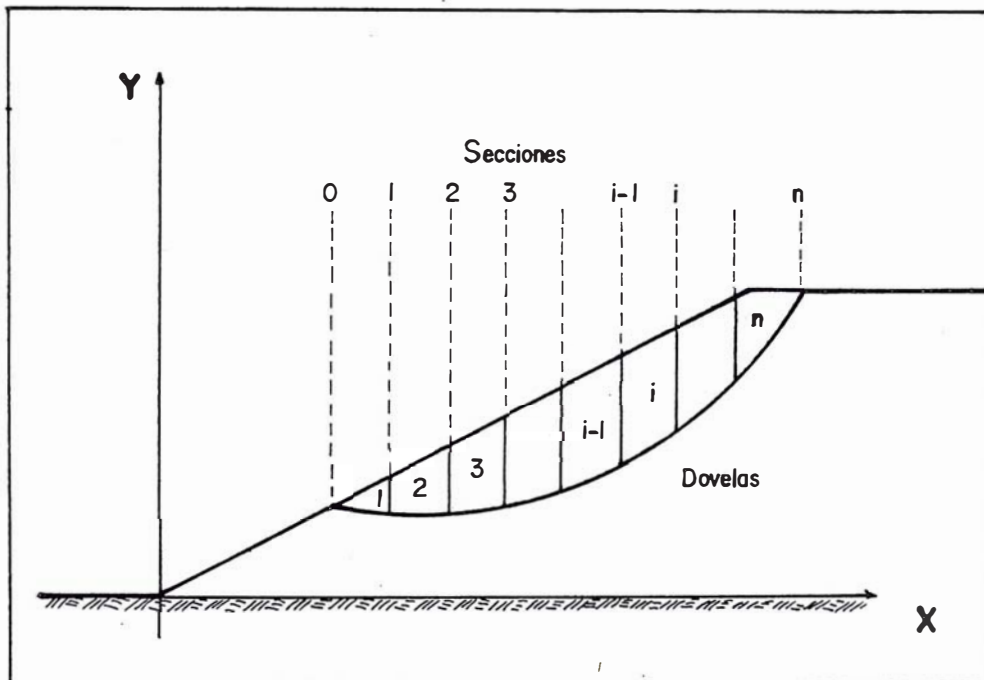


Figura B2.- Definición de Secciones y Dovelas.

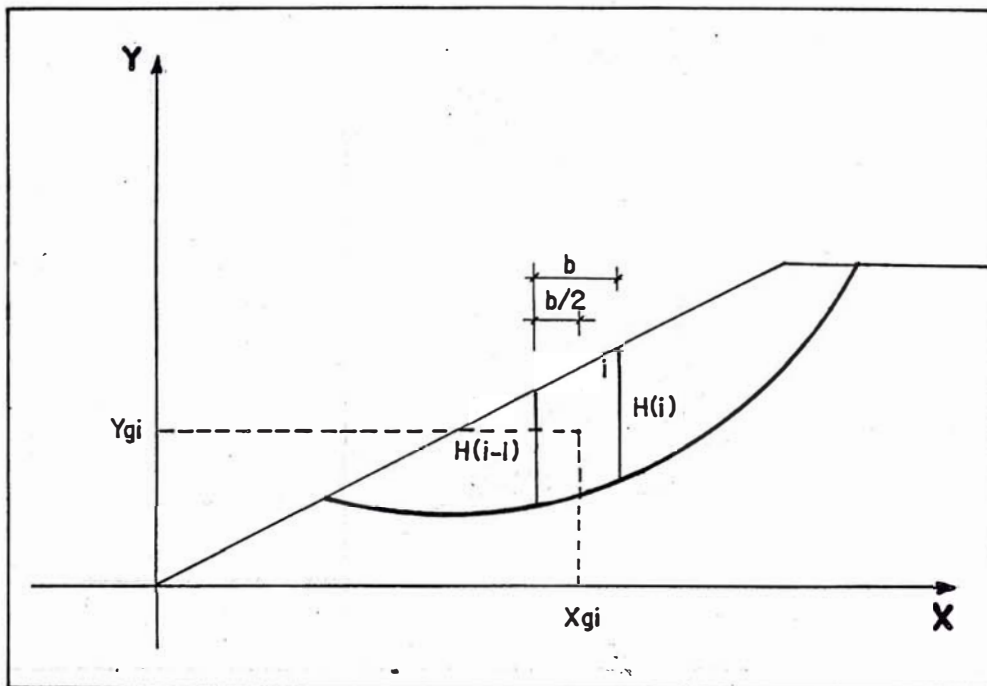


Figura B3.- Centro de Gravedad de la iesima Dovela.

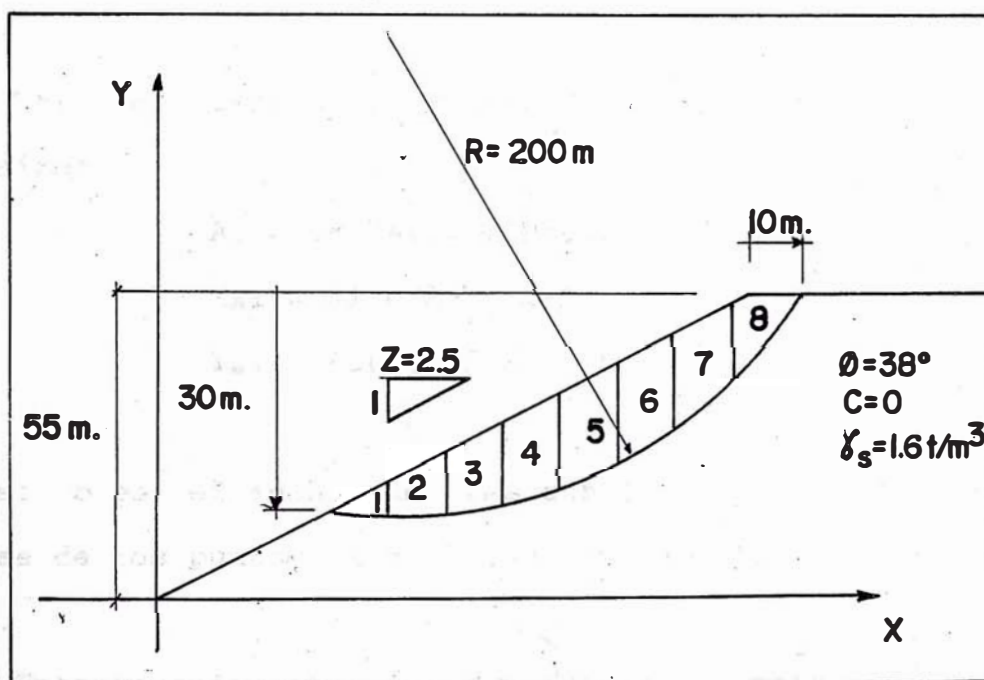


Figura B4.- Ejemplo de datos de entrada para analizar la estabilidad de un talud para una determinada superficie de falla.

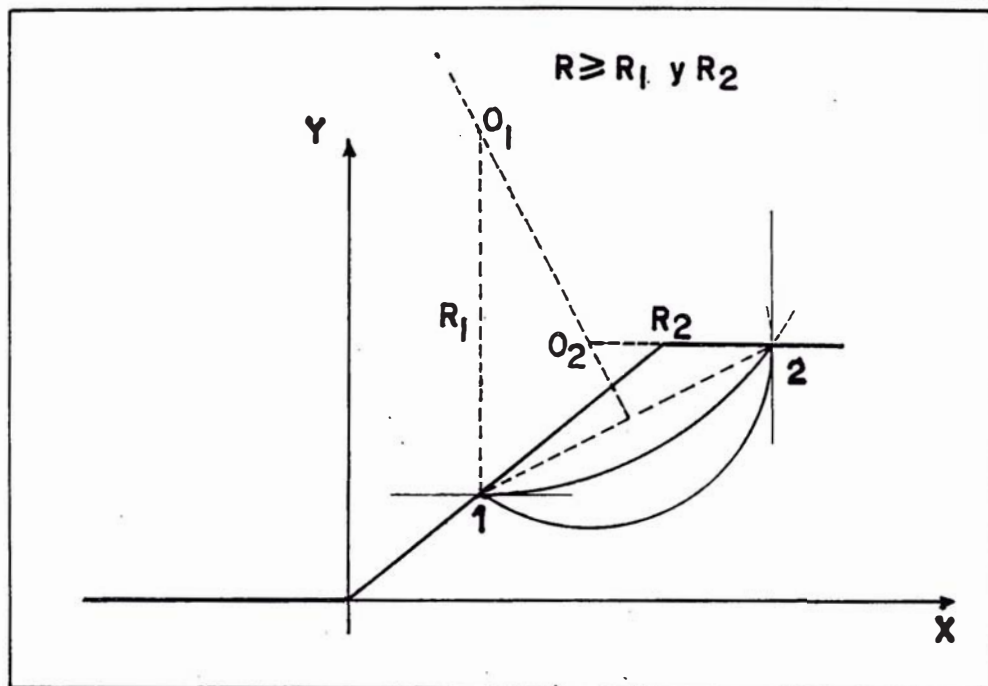


Figura B5.- Radio Mínimo de la Superficie de Falla (R).

Para el centro de gravedad de la *i*-ésima dovela, definimos:

$$A_i = b \cdot (H_{s_{i-1}} + H_{s_i}) / 2 \quad (b.34)$$

$$X_{G_i} = X_1 + b/2 + b \cdot (i-1) \quad (b.35)$$

$$Y_{G_i} = (G(X_i) + F(X_i)) / 2 \quad (b.36)$$

donde: *b* es el ancho de las dovelas, *X*<sub>1</sub> y *X*<sub>2</sub> son las abscisa de los puntos 1 y 2 respectivamente (Figura B.1 y B.3).

Entonces el centro de gravedad de la masa deslizante (*X*<sub>g</sub>, *Y*<sub>g</sub>) será:

$$X_G = M_y / A_T \quad (b.37)$$

$$Y_G = M_x / A_T \quad (b.38)$$

B.4.- MANERA DE USAR EL PROGRAMA DE COMPUTO BASADO EN EL METODO DEL DR. SARMA.

B.4.1.- INFORMACION DE ENTRADA DEL PROGRAMA

- 1) Ingresar altura total de la presa.
- 2) Ingresar la profundidad de extremo inferior de la masa deslizante a partir de la corona.
- 3) Ingresar longitud de la corona dentro de la masa deslizante (valor + si el extremo superior esta en la corona y - si esta en la cara del talud).
- 4) Ingresar el talud z.
- 5) Ingresar el número de dobelas
- 6) Ingresar el radio del arco de circunferencia R.
- 7) Ingresar el valor de 1 si el suelo en la presa es homogenea, y 2 si no lo es.
- 8.a) Si la respuesta en (7) fue 1, entonces ingresar, el ángulo de fricción interna del suelo que forma la presa, su cohesión, y el peso volumetrico promedio.
- 8.b) Si la respuesta en (7) fue 2, entonces ingresar, el ángulo de fricción interna, su cohesión, y el peso volumetrico en cada sección.



- 9) Ingresar el valor 1 si existe presión de poros de agua y 2 si no existe.
- 10.a) Si la respuesta en (9) es 1, tenemos que ingresar las presiones de poro en cada sección para el punto más bajo de esta (es decir el punto que se encuentra en la superficie de falla).
- 10.b) Si la respuesta en (9) es 2, el programa automáticamente toma valores de cero (0) a las presiones de poro.
- 11) Si la respuesta en (7) fue 2 (suelo heterogeneo), entonces ingresar, el ángulo de fricción interna, su cohesión, y el peso volumetrico del suelo en cada dovela (es decir en la superficie de deslizamiento). En caso contrario el programa automáticamente toma los valores dados para las secciones.
- 12.a) Si la respuesta en (9) fue 1, ingresar los valores de las presiones de poro en cada punto central de las bases de las dovelas.
- 12.b) Si la respuesta en (9) fue 2, el programa automáticamente asume valores de cero (para todas las dovelas).
- 13) Ingresar un Factor de seguridad.

B.4.2      LISTADO DEL PROGRAMA ANALISIS DE ESTABILIDAD  
DE TALUDES POR EL METODO DEL DR. SARMA.

```

10 CLEAR: CLS
15 PRINT "METODO DEL DR. SARMA"
20 INPUT "ALTURA TOTAL DE LA PRESA=", HTO
21 INPUT "PROFUNDIDAD DEL MASA DESLIZANTE=", J
22 INPUT "ANCHO DE CORONA DE LA MASA DESLIZANTE=", V
23 INPUT "TALUD=", Z
24 INPUT "NUMERO DE DOVELAS=", N: N1=2*N
25 DIM G(N1), M(N1), N(N1), H1(N1), W1(N), P1(N), P2(N),
P3(N), P4(N), P5(N), P6(N), P7(N), P8(N), P9(N),
ALF(N), ALF2(N), BETA(N)
26 DIM K1(N), Q(N), W1(N), FIS(N), COHS(N), FI(N),
COH(N), U(N), RU(N), PE1(N), VX(N), VY(N), D1(N),
J1(N), G1(N), M1(N), N1(N), H(N), PVS(N), PV(S)
29 A=(HTO-J)*Z: AR=HTO-J: PRINT "X1=";A;"Y1=";AR
30 B=HTO*Z+V: X=B: GOSUB 500: BR=G: PRINT "X2=";
B;"Y2=";BR: RD=.5*SQR((B-A)^2+(BR-AR)^2):
RD1=2*RD^2/(BR-AR): RD2=2*RD^2/(B-A): PRINT "RADIO
MINIMO="; RD1; "O"; RD2
31 H=(B-A)/N
32 INPUT "RADIO=",R: GOSUB 700: S1=0:S2=0:S3=0
34 FOR C=0 TO N
36 X=A+C*H: GOSUB 500: GOSUB 620
38 H(C)=G-F
40 NEXT C
41 PRINT "CALCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA MASA
DESLIZANTE"
42 H1=(B-A)/N1
43 FOR C=0 TO N1
44 X=A+C*H1: GOSUB 500: GOSUB 620
45 H1(C)=G-F
46 NEXT C
50 FOR C=1 TO N1
52 X=A+H1/2+(C-1)*H1:GOSUB 500: GOSUB 620
53 HS=(H1(C-1)+H1(C))/2
54 G(C)= HS*H1
56 M(C)=HS*X*H1
58 N(C)=HS*(F/2+G/2)*H1
60 S1=S1+G(C): S2=S2+M(C): S3=S3+N(C)
61 NEXT C
62 XG=S2/S1: YG=S3/S1
63 PRINT "Xg=";XG; "Yg=";YG
64 PRINT "CALCULO DE LAS FUERZAS Q EN CADA SECCION
VERTICAL"
65 INPUT "ES HOMOGENEEO EL SUELO SI/NO :1/2=",Z1
66 IF Z1=1 THEN 78
68 FOR C=1 TO N-1
70 PRINT "FI-SEC(";C;")=";:INPUT FIS(C): FIS(C) =
FIS(C)* 3.1416/180
72 PRINT "COH-SEC(";C;")=";:INPUT COHS(C)
73 PRINT "PESO-VOL-SEC(";C;")=";:INPUT PVS(C)

```

```

74 NEXT C
76 GOTO 90
78 INPUT "FI-SEC=", FIS
80 INPUT "COHESION-SEC=", COHS
81 INPUT "PESO VOLUMETRICO=", PES
82 FOR C=1 TO N-1
84 FIS(C)=FIS*3.1416/180
86 COHS(C)=COHS:PVS(C)=PES
88 NEXT C
90 INPUT "HAY PRESION DE POROS SI/NO : 1/2=";Z2
92 IF Z2=2 THEN 102
94 FOR C=1 TO N-1
96 PRINT "PRESION DE PORO(";C;")=";:INPUT U(C)
97 RU(C)=U(C)/(H(C)*PVS(C))
98 NEXT C
100 GOTO 107
102 FOR C=1 TO N-1
104 U(C)=0: RU(C)=0
105 NEXT C
107 FOR C=1 TO N-1: X=A+C*H
109 GOSUB 800: ALF(C)=ALFA
110 BETA(C)=2*ALF(C)-FIS(C)
112 PRINT C;"BETA=";BETA(C): K1=SIN(BETA(C))*SIN(FIS(C):
K2=SIN(BETA(C))*COS(FIS(C))
114 K3=4*COHS(C)/(PVS(C)*H(C)): K4=K1*(1-2*RU(C)):
K5=K2*K3: K1(C)=(1-K4-K5)/(1+K1): PRINT C;"K1=";K1(C)
115 Q(C)=(.5*K1(C)-RU(C))*PVS(C)*H(C)^2*TAN(FIS(C))
+COHS(C)*H(C)
116 PRINT C;"Q=";Q(C)
118 NETX C
130 PRINT "CALCULO DE LAS CONSTANTES DE CADA DOVELA"
134 IF Z1=1 THEN 146
135 FOR C=1 TO N
136 PRINT "FI(";C;")=";:INPUT FI(C): FI(C)=FI(C)
*3.1416/180
137 PRINT "COH(";C;")=";:INPUT COH(C)
138 PV(C)=(PVS(C-1)+PVS(C))/2
139 NEXT C
140 GOTO 151
146 FOR C=1 TO N
147 FI(C)=FIS*3.1416/180: COH(C)=COHS
148 PV(C)=PES
149 NEXT C
151 IF Z2=2 THEN 157
152 FOR C=1 TO N
153 PRINT "PRESION DE PORO(";C;")=";:INPUT U(C)
154 RU(C)=U(C)/(((H(C-1)+H(C))/2)*PVS(C))
155 NEXT C
156 GOTO 162
157 FOR C=1 TO N
158 U(C)=0: RU(C)=0
160 NEXT C
161 X=A-H/2: WT=0
162 FOR C=1 TO N
164 W1(C)=(H(C)+H(C-1))*(.5*PV(C)*H): PE1(C)=Q(C)-Q(C-1):

```

```

      WT=WT+W1(C): PRINT C;:PESO DOVELA=";W1(C)
166 X=X+H: GOSUB 500: GOSUB 620: GOSUB 800
168 ALF2(C)=ALFA: P1(C)=W1(C)*TAN(ALF2(C)):
      P2(C)=W1(C)*(1-RU(C))*TAN(FI(C)):
      P3(C)=P2(C)+COH(C)*H: VX(C)=X-XG: VY(C)=F-YG:
      P4(C)=W1(C)*VX(C)
170 PRINT C;"ANGULO ALFA="; ALF2(C)
172 PRINT C; "X-Xg="; VX(C)
174 PRINT C; "Y-Xg="; VY(C)
176 PRINT C; "P="; PE1(C)
180 NEXT C
300 PRINT "CALCULO DEL COEFICIENTE SISMICO K"
310 INPUT "FACTOR DE SEGURIDAD",F1
312 ST1=0: ST2=0: ST3=0: ST4=0
315 FOR C=1 TO N
320 N1(C)= (1/COS(ALF2(C)))^2/(1+TAN(ALF2(C))
      *TAN(FI(C)))/F1: PRINT C;"N=";N1(C)
322 P5(C)=P3(C)*N1(C)/F1: PRINT C;"P5=";P5(C)
323 D1(C)=P5(C)-P1(C): ST1=ST1+D1(C): PRINT C;"D1=";D1(C)
324 FIO=ATN(TAN(FI(C))/F1): PRINT "FIO=";FIO
325 P6(C)=TAN(FIO-ALF2(C)): PRINT C;"P6=";P6(C)
326 G1(C)=PE1(C)*P6(C): ST4=ST4+G1(C): PRINT C;"G1="
      ;G1(C)
327 P7(C)=D1(C)*VY(C): PRINT C;"P7=";P7(C)
328 J1(C)=P4(C)+P7(C): ST2=ST2+J1(C): PRINT C;"J1=";C
329 P8(C)=P6(C)*VY(C): PRINT C;"P8="; P8(C)
330 P9(C)=P8(C)+VX(C): PRINT C;"P9="; P9(C)
340 M1(C)=PE1(C)*P9(C): ST3=ST3+M1(C): PRINT C;
      "M1=";M1(C)
350 NETX C
355 PRINT "ST1="; ST1
356 PRINT "ST2="; ST2
357 PRINT "ST3="; ST3
358 PRINT "ST4="; ST4
360 LANDA=ST2/ST3: KSIS=(ST1-LANDA*ST4)/WT
370 PRINT "FACTOR DE SEGURIDAD=";F1
372 PRINT "TALUD="; Z
374 PRINT "LANDA="; LANDA
376 PRINT "COEF. SISMICO="; KSIS
460 INPUT "DESEA CONTINUAR SI/NO:1/2=";Z3
470 IF Z3=1 THEN 310
474 INPUT "DESEA CAMBIAR DE RADIO SI/NO:1/2=";Z4
476 IF Z4=1 THEN 32
490 END
500 V1=HTO*Z
520 IF X<=V1 THEN G=X/Z
530 IF X>V1 THEN G=HTO
540 RETURN
620 F=A10-SQR(R^2-(X-A11)^2)
630 RETURN
700 A1=(HTO-J)*Z
705 A2=HTO-J
710 B1=HTO*Z+V
715 B2=BR
720 A3=A1^2-B1^2+A2^2-B2^2
725 A4=A1-B1

```

```

730 A5=A2-B2
735 A6=B1^2+B2^2
740 A7=4*A4^2*A6+A3^2-4*B1*A3*A4-4*A4^2*R^2
745 A8=4*A5^2+4*A4^2
750 A9=8*B1*A4*A5-4*A3*A5-8*A4^2*B2
755 A10=(-A9+SQR(A9^2-4*A8*A7))/(2*A8)
760 A11=(A3-(2*A5*A10))/(2*A44):PRINT "X0=";A11;
      "Y0=";A10
770 RETURN
800 ALFA=ATN((X-A11)/SQR(R^2-(X-A11)^2))
899 RETURN

```

## B.5.- MANERA DE USAR EL PROGRAMA DE COMPUTO BASADO EN EL METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP.

### B.5.1. INFORMACION DE ENTRADA DEL PROGRAMA

- 1) Ingresar altura total de la presa.
- 2) Ingresar la profundidad de extremo inferior de la masa deslizante a partir de la corona.
- 3) Ingresar longitud de la corona dentro de la masa deslizante (valor + si el extremo superior esta en la corona y - si esta en la cara del talud).
- 4) Ingresar el talud z.
- 5) Ingresar el número de dobelas
- 6) Ingresar el radio del arco de circunferencia R.
- 7) Ingresar el valor 1 si el suelo que forma la presa es homogénea • 2 si no lo es.
- 8.a) Si la respuesta en (7) fue 1, entonces ingresar, el ángulo de fricción interna del suelo que forma la presa, su cohesión, y el peso volumetrico promedio.
- 8.b) Si la respuesta en (7) fue 2, entonces ingresar, el ángulo de fricción interna, su cohesión, y el peso volumetrico para cada dovela (es decir en la superficie de deslizamiento).
- 9) Ingresar el valor 1 si existe presión de poros de agua y 2 si no existe.
- 10.a) Si la respuesta en (9) fue 1, ingresar los valores de las presiones de poro en cada punto central de las bases de las dovelas.
- 10.b) Si la respuesta en (9) fue 2, el programa automáticamente asume valores de cero (para todas las dovelas).
- 11) Ingresar el valor del Coeficiente sísmico K.

B.5.2 LISTADO DEL PROGRAMA: ANALISIS DE ESTABILIDAD  
DE TALUDES POR EL METODO DE BISHOP MODIFICADO.

```

10 CLEAR: CLS
15 PRINT "METODO DE BISHOP MODIFICADO"
20 INPUT "ALTURA TOTAL DE LA PRESA=", HTO
21 INPUT "PROFUNDIDAD DEL MASA DESLIZANTE=", J
22 INPUT "ANCHO DE CORONA DE LA MASA DESLIZANTE=", V
23 INPUT "TALUD=", Z
24 INPUT " NUMERO DE DOVELAS=", N
25 DIM X(N), M(N), W(N), P(N), ALFA(N), H(N), R(N),
    FI(N), COH(N), U(N)
29 A=(HTO-J)*Z: AR=HTO-J: PRINT "X1=";A;"Y1=";AR
30 B=HTO*Z+V: X=B: GOSUB 500: BR=G: PRINT "X2=";B;
    "Y2=";BR: RD=.5*SQR((B-A)^2+(BR-AR)^2): RD1=2*RD^2
    /(BR-AR): RD2=2*RD^2/(B-A): PRINT "RADIO MINIMO=";
    RD1; "0"; RD2
31 H=(B-A)/N
32 INPUT "RADIO=",R: GOSUB 700
33 INPUT "EL SUELO ES HOMOGENEO/EL SUELO NO ES
    HOMOGENEO:1/2=",Z1
34 IF Z1=1 THEN 40
35 FOR C=1 TO N
36 PRINT "FI(";C;")=";:INPUT FI(C): FI(C)=FI(C)*
    3.1416/180
37 PRINT "COH(";C;")=";:INPUT COH(C)
38 NEXT C
39 GOTO 46
40 INPUT "FI=", FI
41 INPUT "COHESION=",COH
42 FOR C=1 TO N
43 FI(C)=FI*3.1416/180
44 COH(C)=COH
45 NEXT C
46 INPUT "PESO VOLUMETRICO=", PES
47 INPUT "HAY PRESION DE POROS/NO HAY PRESION DE
    POROS:1/2=";Z2
48 IF Z2=2 THEN 53
49 FOR C=1 TO N
50 PRINT "PRESION DE PORO(";C;")=";:INPUT U(C)
51 NEXT C
52 GOTO 61
53 FOR C=1 TO N
54 U(C)=0
55 NEXT C
60 INPUT "COEFICIENTE SISMICO=",K
61 S1=0: S2=0: FS=1
63 FOR C=0 TO N
65 X=A+C*H: X(C)=X
70 GOSUB 500: GOSUB 620
80 H(C)=(G-F)
90 NEXT C
100 FOR C=1 TO N
110 X=X(C)-H/2
120 GOSUB 500: GOSUB 620

```

```

130 GOSUB 800
140 D=(G-F)/2: ALFA(C)=ALFA
150 W(C)=(H(C-1)+H(C))/2)*H*PES
160 M(C)=W(C)*SIN(ALFA(C))+K*W(C)*(COS(ALFA(C))-D/(2*R))
170 S1= S1+M(C)
200 N(C)=COH(C)*H+(W(C)-U(C)*H)*TAN(FI(C))
212 NEXT C
215 FOR C=1 TO N
220 P(C)=(1/COS(ALFA(C)))/(1+TAN(FI(C))*TAN(ALFA(C)))/FS)
225 R(C)=N(C)*P(C)
239 S2=S2+R(C)
240 NEXT C
241 RP=S2/S1
243 Q=FS-RP
244 IF ABS(Q)<.001 THEN 400
245 S2=0
246 FS=R
247 GOTO 215
400 PRINT "K=";K
450 PRINT "FACTOR DE SEGURIDAD=";F
460 INPUT "DESEA CONTINUAR/NO DESEA CONTINUAR:1/2=";Z3
470 IF Z3=1 THEN 60
490 END
500 V1=HTO*Z
520 IF X<=V1 THEN G=X/Z
530 IF X>V1 THEN G=HTO
540 RETURN
620 F=A10-SQR(R^2-(X-A11)^2)
630 RETURN
700 A1=(HTO-J)*Z
705 A2=HTO-J
710 B1=HTO*Z+V
715 B2=BR
720 A3=A1^2-B1^2+A2^2-B2^2
725 A4=A1-B1
730 A5=A2-B2
735 A6=B1^2+B2^2
740 A7=4*A4^2*A6+A3^2-4*B1*A3*A4-4*A4^2*R^2
745 A8=4*A5^2+4*A4^2
750 A9=8*B1*A4*A5-4*A3*A5-8*A4^2*B2
755 A10=(-A9+SQR(A9^2-4*A8*A7))/(2*A8)
760 A11=(A3-(2*A5*A10))/(2*A44):PRINT "X0=";A11;
"YO=";A10
770 RETURN
800 ALFA=ATN((X-A11)/SQR(R^2-(X-A11)^2))
899 RETURN

```