

Esta carga inicial y el estado no permanente, antes mencionado se usó para preparar la simulación del manto freático en 1992 que se muestra en la Fig. 5.3.10.

La descarga de bombeo anual para 1991 calculada en cada punto se muestra en la Fig. 5.3.11. La información sobre la precipitación en los años 1972 - 1990 está adjunta al Libro de Datos (Data Book) y la precipitación anual en 1972 - 1991 aparece en la Fig. 5.3.12.

Como se discutió en la Sección 4.4, la media de decrecimiento estático del nivel de aguas subterráneas fue aproximadamente 3 m en el campo de pozos de Carlos Fonseca y de Sabana Grande y aproximadamente 5 m en el centro de la ciudad de Managua.

Por otra parte, los resultados de simulación muestran una disminución de entre 2 a 5 m en Carlos Fonseca y Sabana Grande y de entre 7 y 8 m de disminución en los otros puntos. Como estos resultados de simulación implican etapas de estados dinámicos de bombeo, los parámetros usados se consideran casi satisfactorios para las condiciones actuales de los pozos.

La Fig. 5.3.13 muestra la variación del nivel de agua en la laguna de Asososca desde 1972 a 1992. Todavía hay diferencias entre el nivel simulado y la medida real, sin embargo, la tendencia de aumento o disminución del nivel de agua se corresponde con el nivel observado. Cuando se modifiquen las condiciones de recarga de zonas superiores y otros parámetros de acuíferos con estudios hidrogeológicos adicionales, se esperan unos resultados más precisos.

5.3.6 Estudio de Casos Futuros

Las predicciones futuras sobre el nivel freático fueron desarrolladas en el modelo con parámetros de acuíferos determinados por trabajos de calibración. El año 2000 se da como año objetivo, y la simulación fue desarrollada durante 8 años desde 1992 a 2000.

Como en los estudios de caso se utilizaron valores supuestos para la precipitación anual y la descarga de agua por extracción para obtener los resultados.

(1) Factores Futuros

(a) Precipitación

Hay un 50% de probabilidad que la precipitación anual sea de 1.100 y 1.400 mm para las estaciones de A.C. Sandino y Masetape, respectivamente.

(b) Descarga de Agua por Extracción

(i) Descarga de Agua por Extracción en el Lago Asososca

La extracción de agua del lago Asososca fue reducida en 1992, y se mantendrá este volumen de extracción por algunos años, como se indica en el cuadro siguiente:

Ubicación de Pozo	Extracción en 1991	Extracción en 1992
Lago Asososca	17.3 MGD (657.643 m ³ /d)	10 MGD (37.854 m ³ /d)

(ii) Programa de Rehabilitación de Pozos en 1992-1993

El proyecto de rehabilitación fue financiado por BID y comenzó desde 1992. Los trabajos de construcción se están desarrollando en la actualidad. Se espera que el programa de relocalización de pozos produzca una nueva descarga por bombeo. En la simulación se supone que este bombeo empezará desde 1993. La descarga supuesta por este programa se presenta en el siguiente cuadro.

Localización de pozos	Condiciones existentes en Abr.1992	Descarga por Bombeo de pozos a ser Rehabilitados
40 Nicarao No.2	Abandonado	5458 (m ³ /d)
57 km8 C.Masaya	997 m ³ /d	3274
94 Ciudad Sandino	Abandonado	4366
95 Ciudad Sandino	Abandonado	4366
42 San Cristobal No.2	2551 m ³ /d con No.1	5458
32 Altamira	Abandonado	3820
36 Centro America No.1	Abandonado	3820
37 Centro America No.2	3726 m ³ /d con No.3	3820
60 km14.5 C.Sur	1321 m ³ /d	3274
96 Cristian Perez	Abandonado	5458
73 Sn Isidro de la C.Verde	Abandonado	3274

(iii) Programa de Rehabilitación de Pozos en 1993-1995

Según el plan de rehabilitación de INAA, a partir de 1995 se esperasa los siguientes excedentes de agua.

Ubicación de Pozo	Extracción en 1991	Plan
Carlos Fonseca	15,91 MGD (60.238 m ³ /d)	25,26 MGD (95.619 m ³ /d)
Veracruz (incluyendo pozos de JICA)	2,8 MGD (10.599 m ³ /d)	8,88 MGD (33.614 m ³ /d)

(iv) Desarrollo de Nuevas Aguas Subterráneas en 1993-1995

Se espera un gran desarrollo potencial de aguas subterráneas en la zona central de las áreas de Sabana Grande-Cofradía y Veracruz-Ticuantepé.

Con respecto a la escala de desarrollo mencionado en el Capítulo 6, Proyecto de Desarrollo de Aguas Subterráneas,

se aplicó lo siguiente:

Area de Desarrollo	1995	2000
Sabana Grande - Cofradia	- MGD	31.34 MGD (118.634 m ³ /día) (=1.45 m ³ /seg)
Veracruz - Tecuntepe	18.74 MGD (70.938 m ³ /día) (=0.82 m ³ /s)	- MGD

El mapa de descarga por bombeo para predicción del futuro se presenta en las Fig. 5.3.14(1)-(2).

(2) Limitaciones Permisibles del Nivel de Agua

(a) Centro de la Ciudad de Managua

La idea sobre la disminución del nivel de agua permisible en el manto freático es para mantener más elevado el nivel de agua, con respecto al lago Managua con una carga hidrostática adicional para producir una corriente hacia el norte.

(b) Sabana Grande-Cofradía - Veracruz y Área de Ticuntepe

La idea de la disminución del nivel de agua permisible no es para hacer una disminución especial en pozos de producción del INAA en Carlos Fonseca y Sabana Grande y en la zona de manantiales de Mocuana.

La influencia de la disminución del nivel de agua de los pozos de Carlos Fonseca para el nuevo desarrollo de la zona superior traerá como consecuencia que el nivel dinámico de agua será menor cuando se produzca una profunda depresión del nivel original de agua. Como se discutió en la Sección 4.8, el nivel dinámico de agua es menor que la posición de las rejillas en muchos pozos de Carlos Fonseca debido a la intersección de conos en los pozos.

Esta condición mejorará terminando la explotación de algunos pozos ineficientes. Sin embargo, es necesario encontrar una limitación en la explotación de agua en la zona alta. La longitud de rejilla de uno de los pozos de este campo es entre 18,91 y

96,31 m y la media es aproximadamente 44 m. La disminución permisible del nivel de agua por bombeo se determina como porcentaje de esta longitud media siendo 2,2 m (5%). Estos resultados implican una contramedida para conservar el rendimiento total por medio del canal de succión mas profundo.

(3) Casos aplicados a la simulación

Las predicciones futuras se realizan por combinación de los casos mencionados con anterioridad.

Condiciones	

Caso 1	Condición de Bombeo en 1991
Caso 2	Caso 1 y rehabilitación de pozo
Caso 3	Caso 2 y 80% de la descarga de bombeo de Laguna de Asososca
Caso 4	Caso 2 y 60% de la descarga de bombeo de Laguna de Asososca
Caso 5	Caso 1 y 60% de la descarga de bombeo de Laguna de Asososca
Caso 6	Sin bombeo
Casa 7	Caso 2, Programa de rehabilitación de pozos 1993-1995, 10 MGD extracción de la alguna de Asososca y etapa de desarrollo en Veracruz - Ticuantepe en 1995
Caso 8	Caso 7 y 2000, etapa de desarrollo en Sabana Grande - Zona Cofradia
Caso 9	Caso 1, 10 MGD extracción de la laguna de Asososca y etapa de desarrollo en Veracruz - Ticuantepe en 1995
Caso 10	Caso 9, y etapa de desarrollo en Sabana grande - Zona Cofradia en 2000

Los resultados de la simulación de niveles de aguas subterráneas se dan en el mapa de niveles de aguas subterráneas, para puntos elevados sobre el nivel de mar y para los puntos de comprobación. Se seleccionaron como puntos de comprobación aquellos donde se habían instalado registradores del nivel de agua y otros puntos de las áreas de Sabana Grande y del centro de la ciudad.

Las Figuras 5.3.15(1)-(10) presentan los niveles de agua calculados para estos casos.

Caso I

Este caso está realizado con una cantidad de agua de extracción idéntica a la cantidad extraída en 1991 y hasta el año 2000 para comprobar así la descarga existente por extracción.

Teniendo en cuenta estos resultados, la tabla del nivel de agua disminuye de una manera constante, 0,6 m en la laguna de Asososca y entre 2 y 5 m en el centro de la ciudad de Managua. Como se mencionó en la Sección 4.5, la precisión en la medición del nivel de agua es considerada adecuada, sin embargo, debería haber una tendencia elevada de disminución del nivel de agua en estos lugares. No se observa una disminución seria de los niveles de agua en las zonas de Carlos Fonseca y Sabana Grande.

La descarga por extracción de agua alrededor de los pozos de producción del INNA número 7 (El Estadio), número 8 (San Antonio), número 9 (Banco de América) y número 10 (Mercado Oriental) es muy elevada y produce una disminución acusada del nivel de agua.

Caso II

En este caso se aumenta la descarga de agua por extracción con respecto al Caso I como consecuencia del programa de rehabilitación del BID. Las descargas de agua por extracción se dan posteriormente en el centro, y una disminución muy acusada de los niveles de agua serán un problema muy serio en los alrededores del área entre la laguna Tiscapa y pozo JICA 4.

Casos III, IV y V

En los casos tercero y cuarto las condiciones de descarga por extracción de agua de la laguna de Asososca son 80% y 60% del nivel de 1991, y otros pozos están sometidos a las condiciones descritas para el Caso II. Más de un 40% de reducción del nivel de descarga de 1991 es el recomendado para proporcionar 40m (m.s.n.m.). Se deben suministrar detalladas medidas de niveles de recuperación, condiciones de pluviosidad y monitoreo de los niveles de agua en la zona industrial.

El Caso V se desarrolla bajo las condiciones del caso I, la cantidad de descarga de agua por extracción es el nivel de 1991, y la descarga desde Asososca es del 60% del nivel de 1991.

Caso VI

El Caso VI es el resultado que se obtiene al no producir ningún tipo de descarga de agua por extracción en el área de estudio. Todos los niveles del agua subterránea se incrementan. El nivel de agua de la laguna de Asososca se recupera hasta 43,7 metros durante 8 años.

Caso VII y VIII

El nuevo proyecto de desarrollo de aguas subterráneas de Veracruz, Ticuantepe empieza la producción de agua potable en 1995 y el área de Sabana Grande y Cofradía producirá agua para el año 2000. La simulación de estos casos se realizó junto con el Proyecto de rehabilitación de 1992 - 1992 y 1993 - 1995. El nivel de agua de la laguna de Asososca es casi estable porque de la ciudad ha decrecido continuamente aproximadamente 5-10 m. El movimiento del nivel de agua para el año 2000 en ambos casos, con o sin proyecto en Sabana y Cofradía es muy claro. El agua subterránea en las cercanías del área de Sabana Grande está decreciendo casi 10m y tomará mucho tiempo recuperar el balance hídrico.

caso IX y X

Estos casos se consideran si no se lleva a cabo la rehabilitación en las áreas centrales. Los resultados del cálculo muestran que el nivel de agua subterránea en el centro de la ciudad se mantiene casi estable. El resultado en el área oriental es casi mismo del caso VII y VIII.

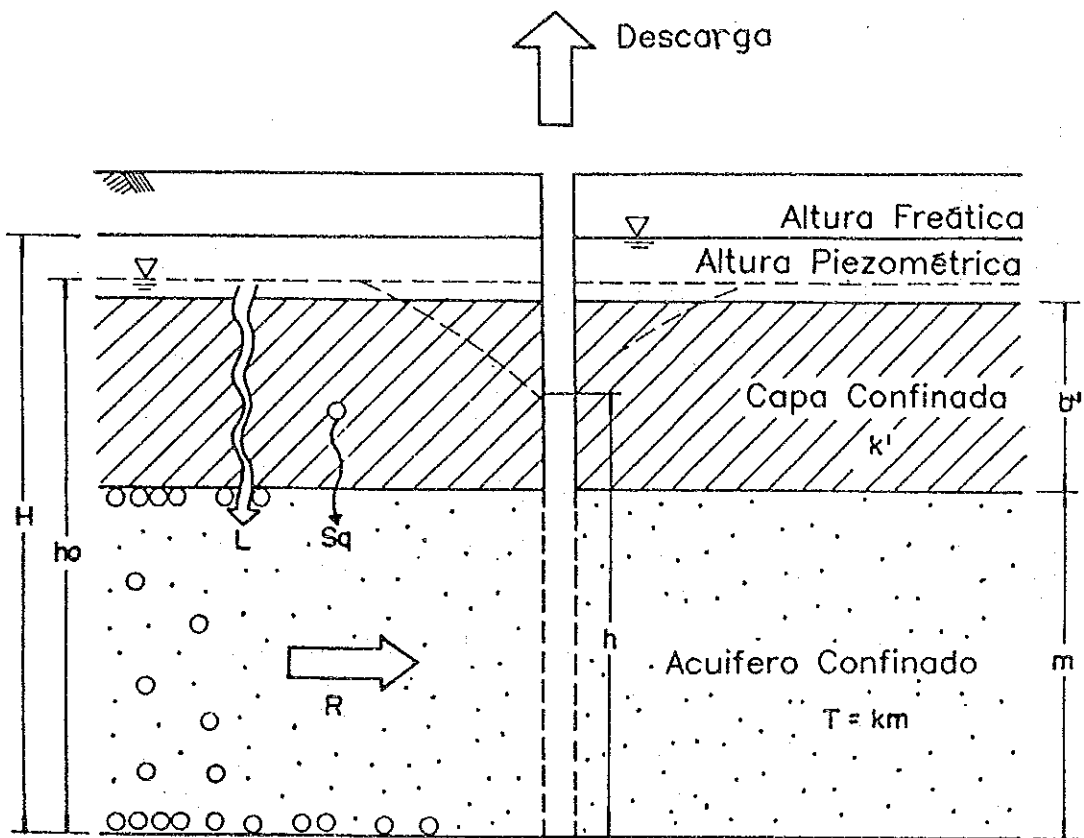


Fig. 5.3.1 Sección Esquemática del Modelo Tridimensional Q3P

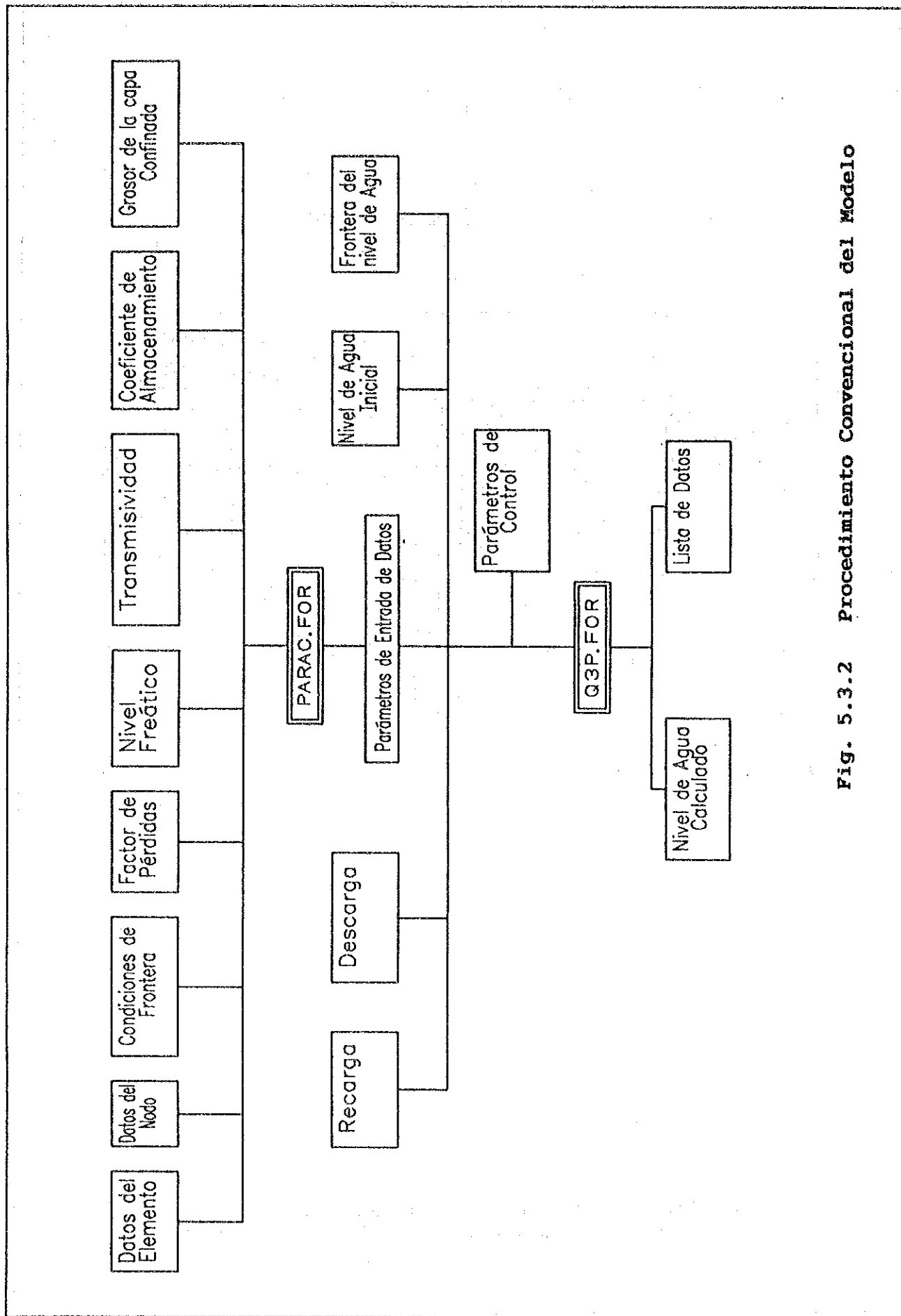


Fig. 5.3.2 Procedimiento Convencional del Modelo

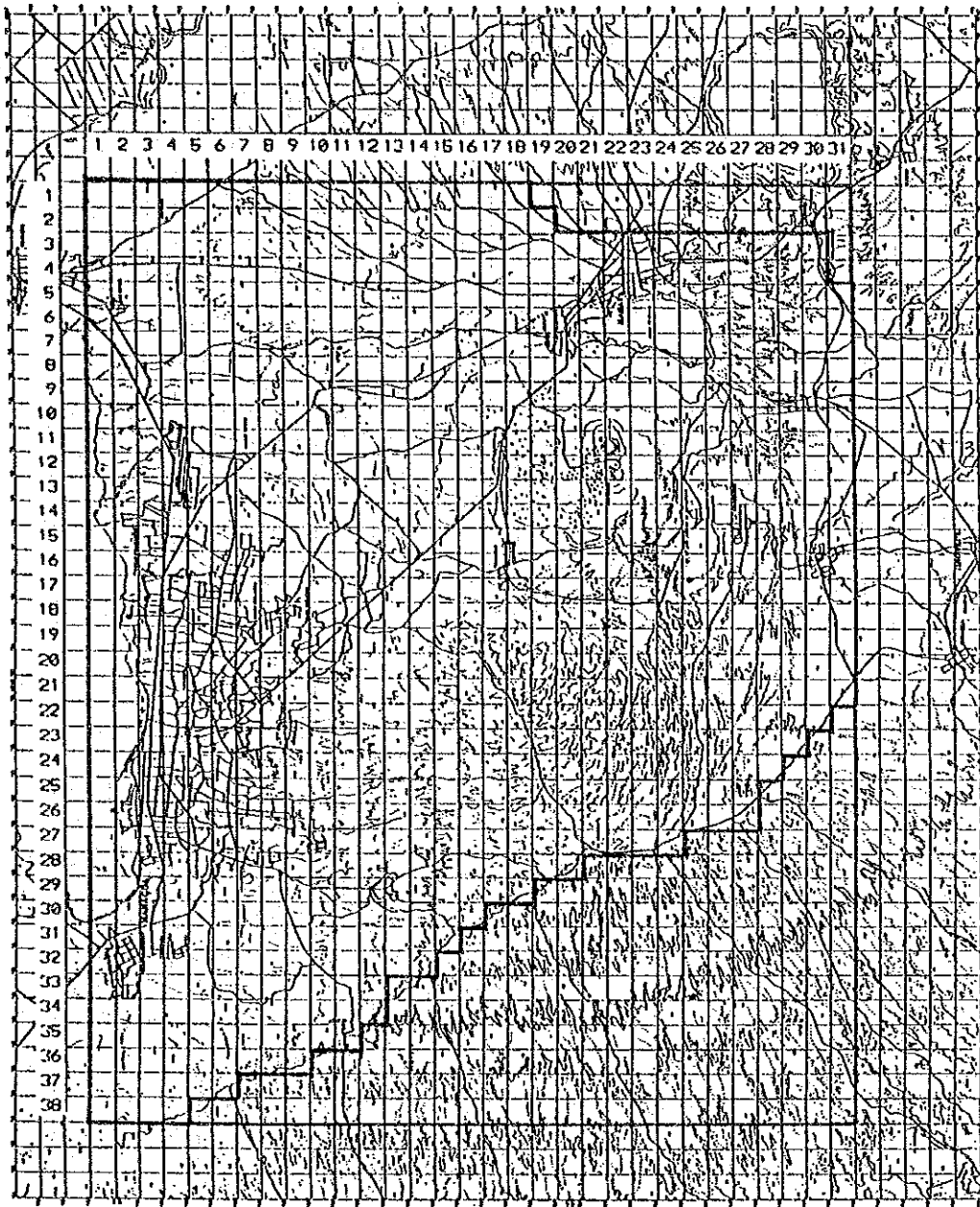
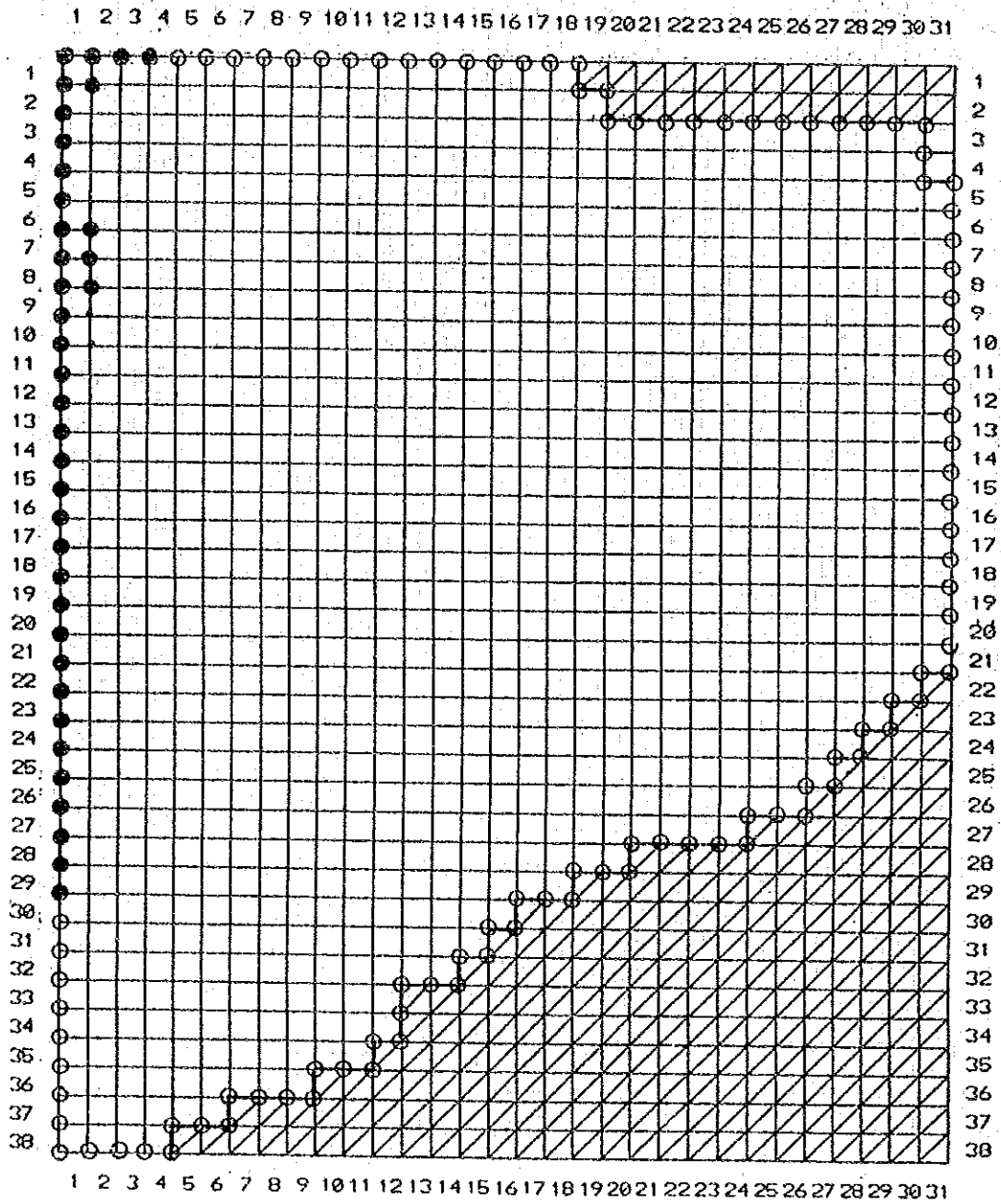


Fig. 5.2.1 Elemento Finito del Modelo

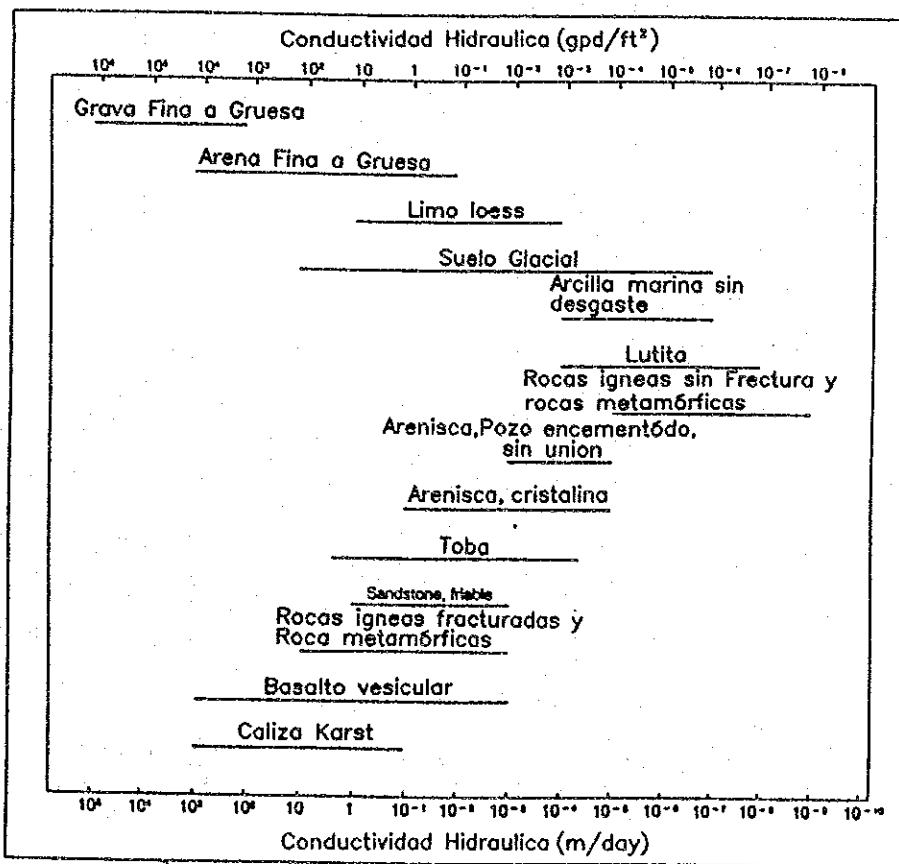


- Sin Flujo
- Carga Constante

Fig. 5.3.4 Condición Límite

Sedimento	Rendimiento Especifico
Arcilla	1-10.
Arena	10-30
Grava	15-30
Arena y Grava	15-25
Arenisca	5-15
Lutita	0.5- 5
Caliza	0.5- 5

(Walton, 1970)



Valeres K típicos para acuíferos consolidados y no consolidados.
 (After Davis, 1969; Dunn and Leopold, 1978; Freeze and Cherry, 1979)

Fig. 5.3.5 Rango General de Rendimiento Especifico y Conductividad Hidráulica

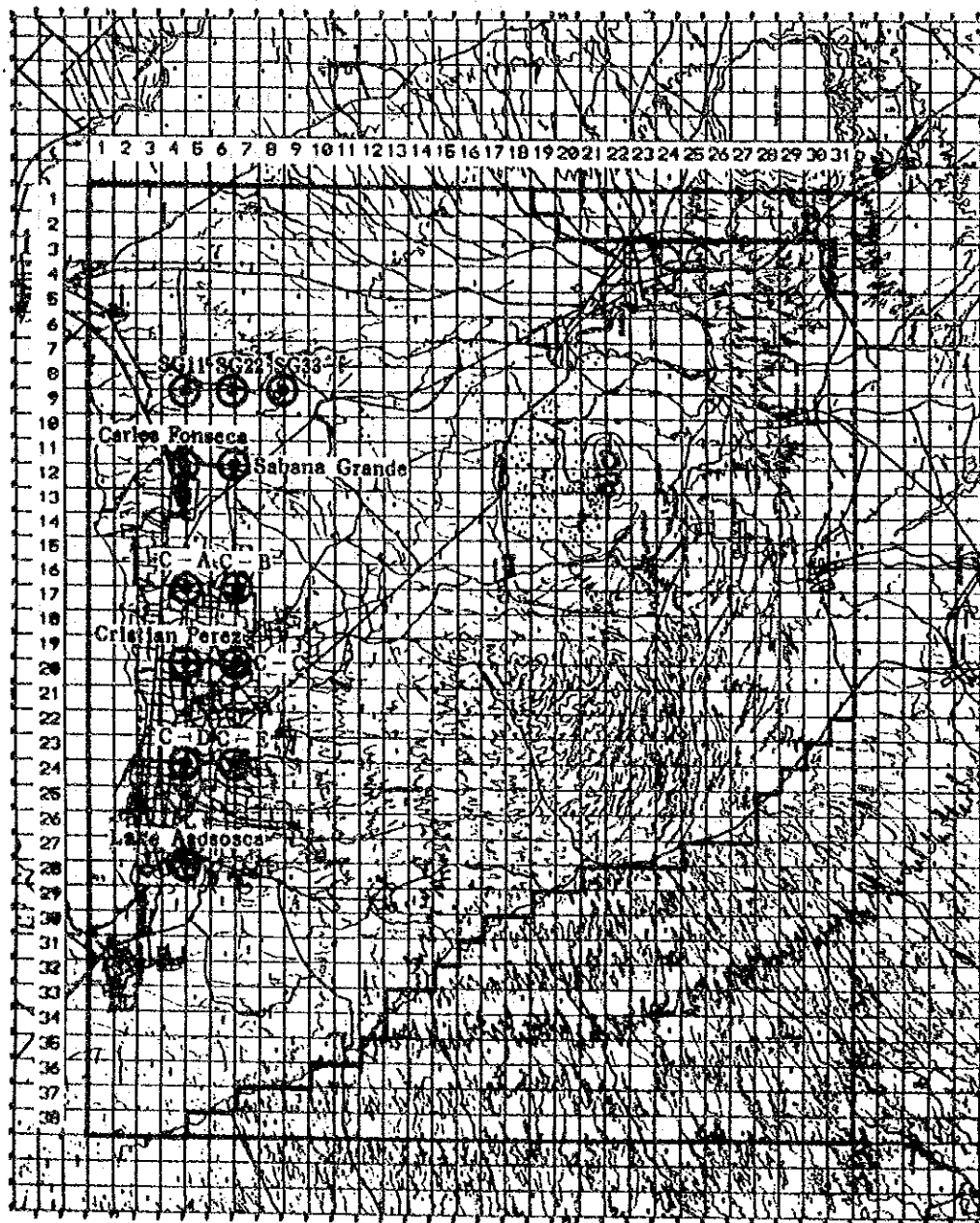


Fig. 5.3.6 Puntos de Observación

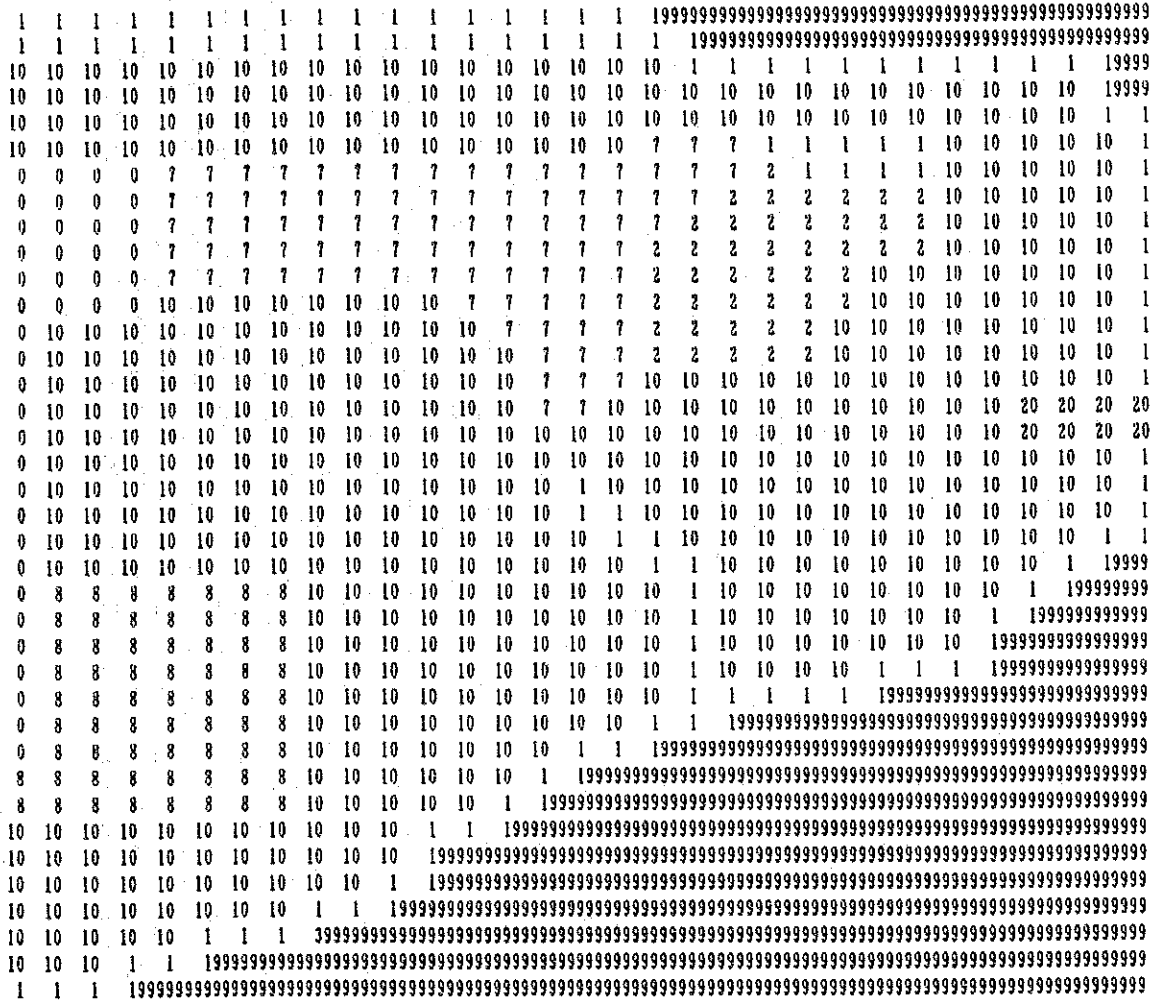
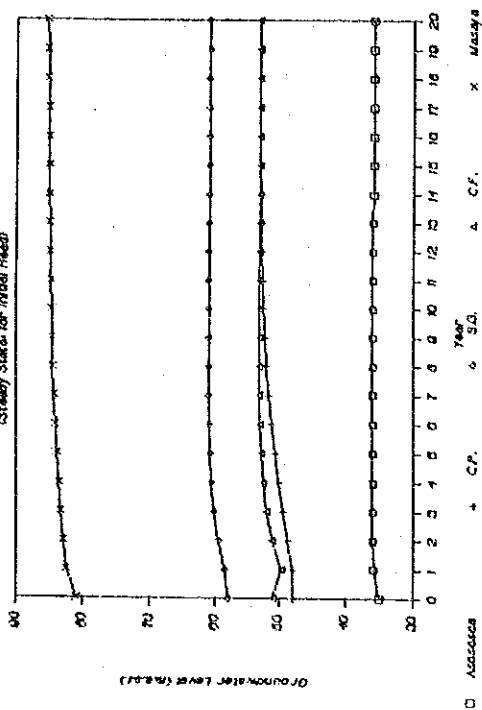


Fig. 5.3.7 Coeficiente de Almacenaje

150001500015000150001500015000150001500015000150001500015000150001500015000150001500015000
 100 100 100 100 100 100 300 300 60
 100 100 100 100 100 100 60
 60
 100
 120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000
 120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000
 120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000
 120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000120001200012000
 100001000010000100001000010000100001000010000100001000010000100001000010000100001000010000
 4000 4000 500 500 500 5000 5500 6000 7000 5000 5800 5000 7000 7000 9500 9000 9000 9000 9000 9000 9000
 5000 5000 500 500 500 5000 5000 4000 200 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100
 5000 6000 600 300 500 400 600 400 300 200 100 100 50 50 50 10012000120001200012000120001200012000
 6000 6000 1000 300 500 400 600 500 300 200 100 100 50 50 600 600 600 600 600 30 30 20 20 25 25 25 25
 6000 6000 1000 300 300 400 500 300 200 100 100 50 50 600 600 600 600 600 600 600 600 30 25 20 20
 6000 4000 1000 400 400 200 300 300 100 100 100 100 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 5000 4000 400 300 400 400 400 500 200 200 100 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 5000 4000 400 300 400 400 400 500 500 200 200 100 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 6000 4000 400 600 600 300 500 300 400 500 200 100 50 50 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 6000 4000 1000 300 300 400 400 600 400 500 200 50 50 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30 30
 5000 4000 1000 400 400 400 400 300 100 100 100 100 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 8000 8000 8000 3000 1000 200 200 100 100 100 100 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 10000 9500 9500 6000 7000 3000 2000 400 200 100 100 100 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 1000010000110000 6000 7000 3000 2000 400 200 100 100 100 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 9500 9000 9000 5000 4000 2000 200 100 100 100 100 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 800 500 500 700 700 200 100 100 100 100 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 1000 1000 400 200 200 100 100 50 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 1000 1000 200 200 100 50 30 30 30 30 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 30
 900 400 200 200 30 30 20 30
 300 400 200 200 30 20 30
 100 100 30 30 20 30
 20 30
 20 30

Fig. 5.3.8 Transmisividad

Nivel Simulado de Agua Subterránea
(Steady State for Initial Head)



Nivel Simulado de Agua Subterránea
(Steady State for Final Head)

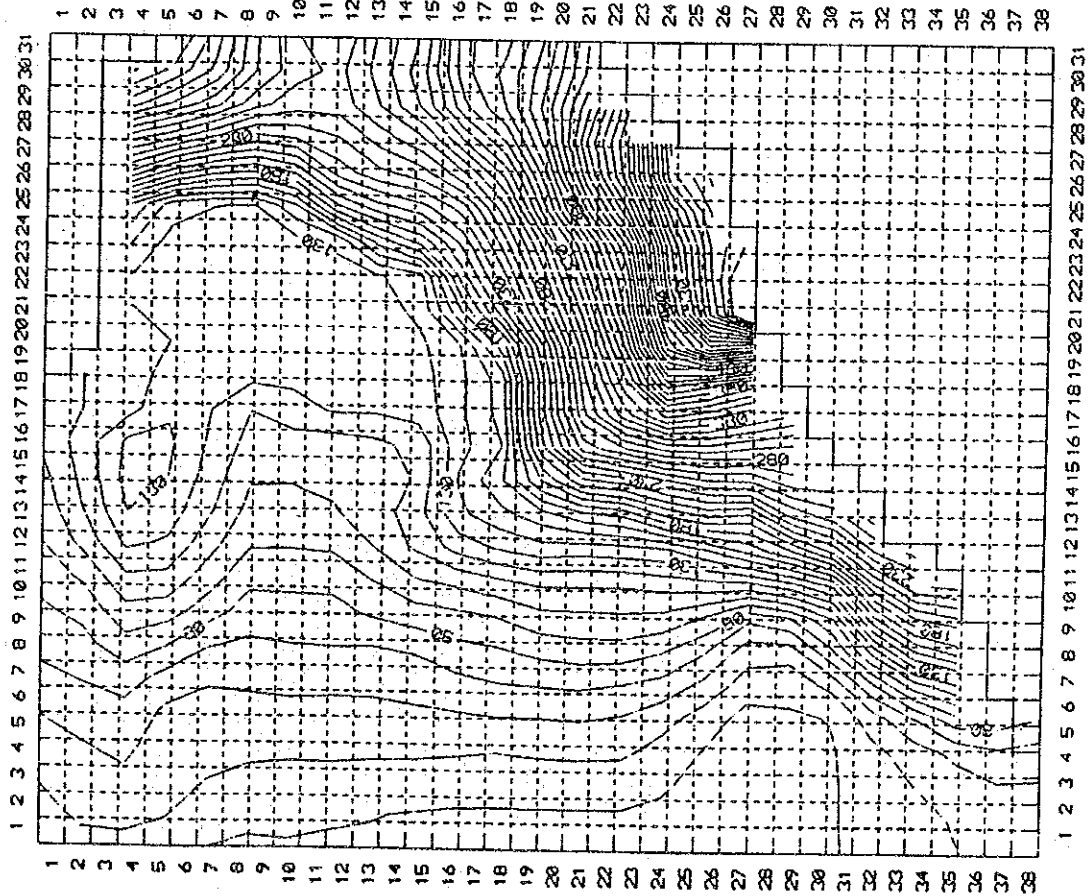
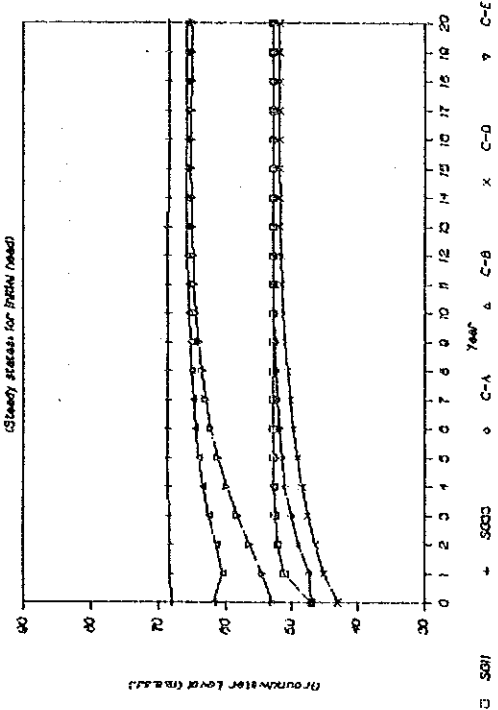
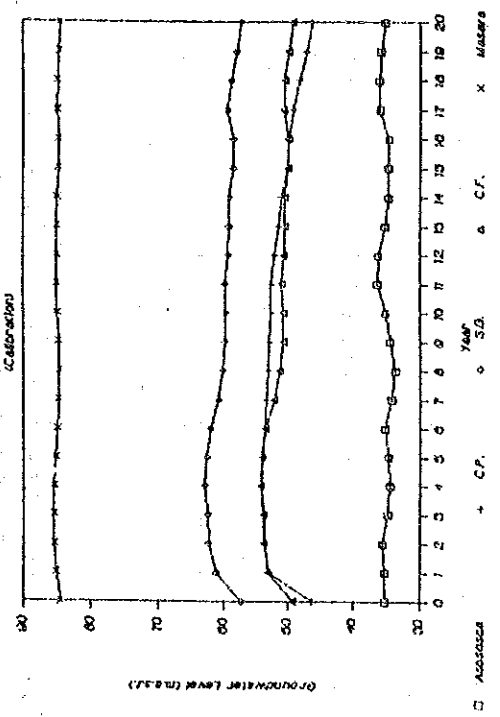


Fig. 5.3.9 Nivel Simulado del Agua Subterránea (en Estado de Equilibrio)

Nivel Simulado de Agua Subterránea



Nivel Simulado de Agua Subterránea

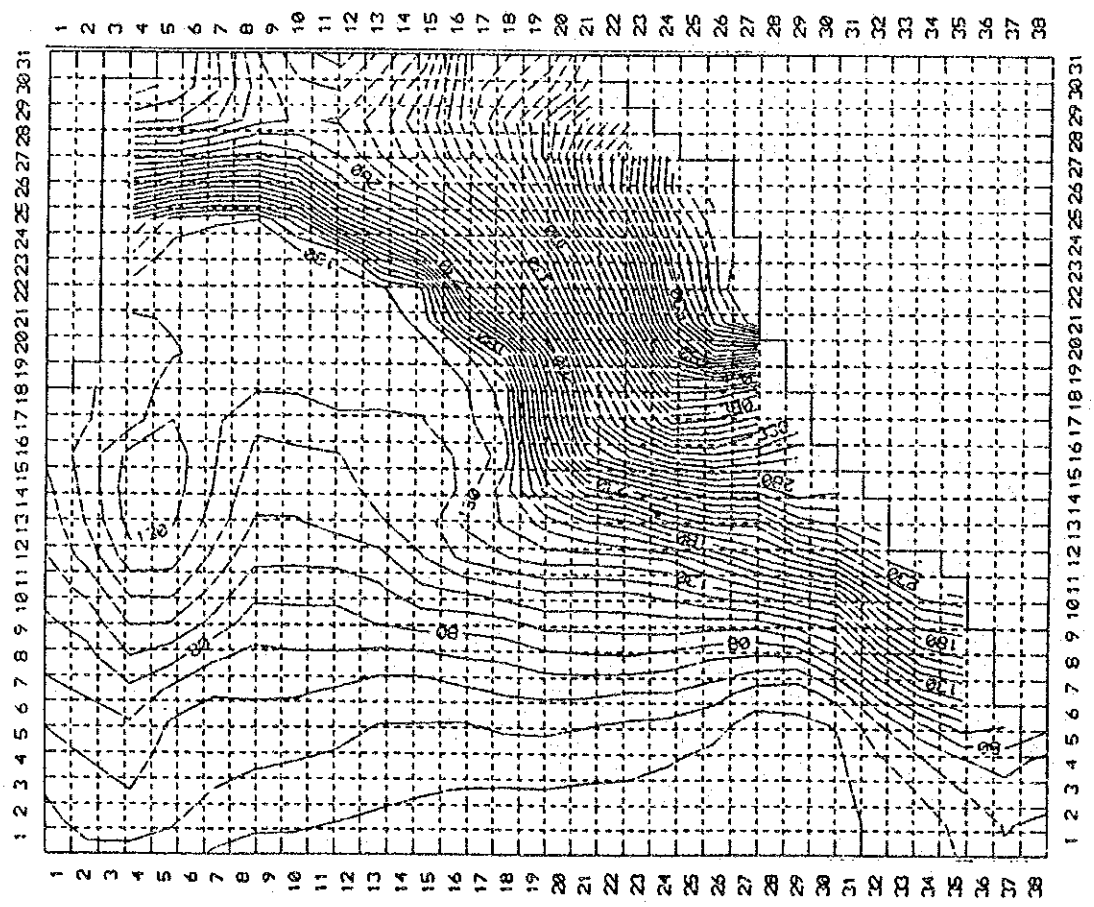
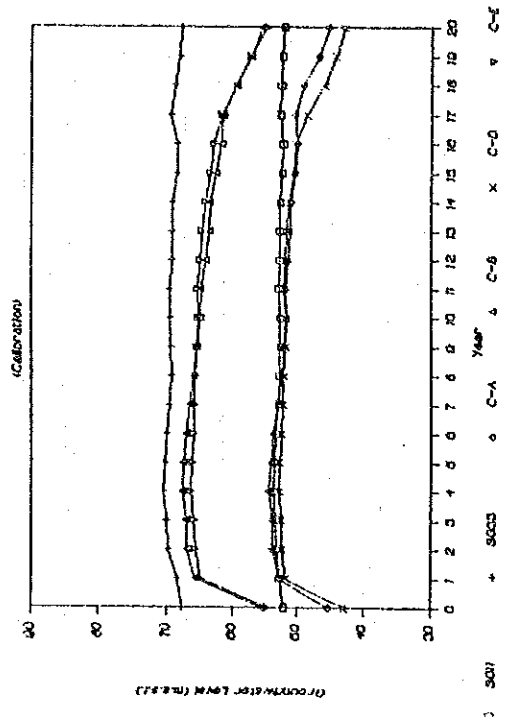


Fig. 5.3.10 Nivel Simulado del Agua Subterránea (Calibración)

Annual Rainfall for the Calibration

Unidad : MGD

Block	1	2	3	4	5	6	7	8
Station	50	45	46	47	27	Av.	115	49
1972	540	805	726	798	694	910	1126	1198
1973	1544	1654	1770	1698	1743	1805	1867	1986
1974	1005	978	1046	1164	856	1134	1412	1502
1975	1534	1186	1269	1411	1365	1372	1378	1466
1976	646	504	860	800	744	761	777	827
1977	675	667	870	815	816	838	860	915
1978	844	809	1248	1095	1008	1059	1110	1093
1979	1311	1494	1658	2795	1059	1159	1260	1822
1980	1253	1341	1442	1563	1448	1586	1723	1586
1981	1136	1445	1554	1828	1286	1504	1721	1541
1982	1524	1490	1602	2072	1353	1442	1532	1688
1983	771	1180	1269	1011	807	1005	1204	1289
1984	1042	1187	1317	1320	1151	1249	1346	1448
1985	817	757	814	1523	1261	1199	1138	1200
1986	639	1214	1305	1993	774	838	902	1235
1987	1219	1431	1539	1462	1103	1281	1458	1693
1988	1821	2047	2190	2437	2185	2075	1964	2082
1989	796	874	960	1529	781	855	929	1106
1990	762	836	918	1097	747	818	888	1059
1991	954	1048	1151	1375	936	1024	1113	1326
Av.	1041.	1147.	1275.	1479.	1105.	1195.	1285.	1403.

Fig. 5.3.12 Precipitación Anual Utilizada para Calibración

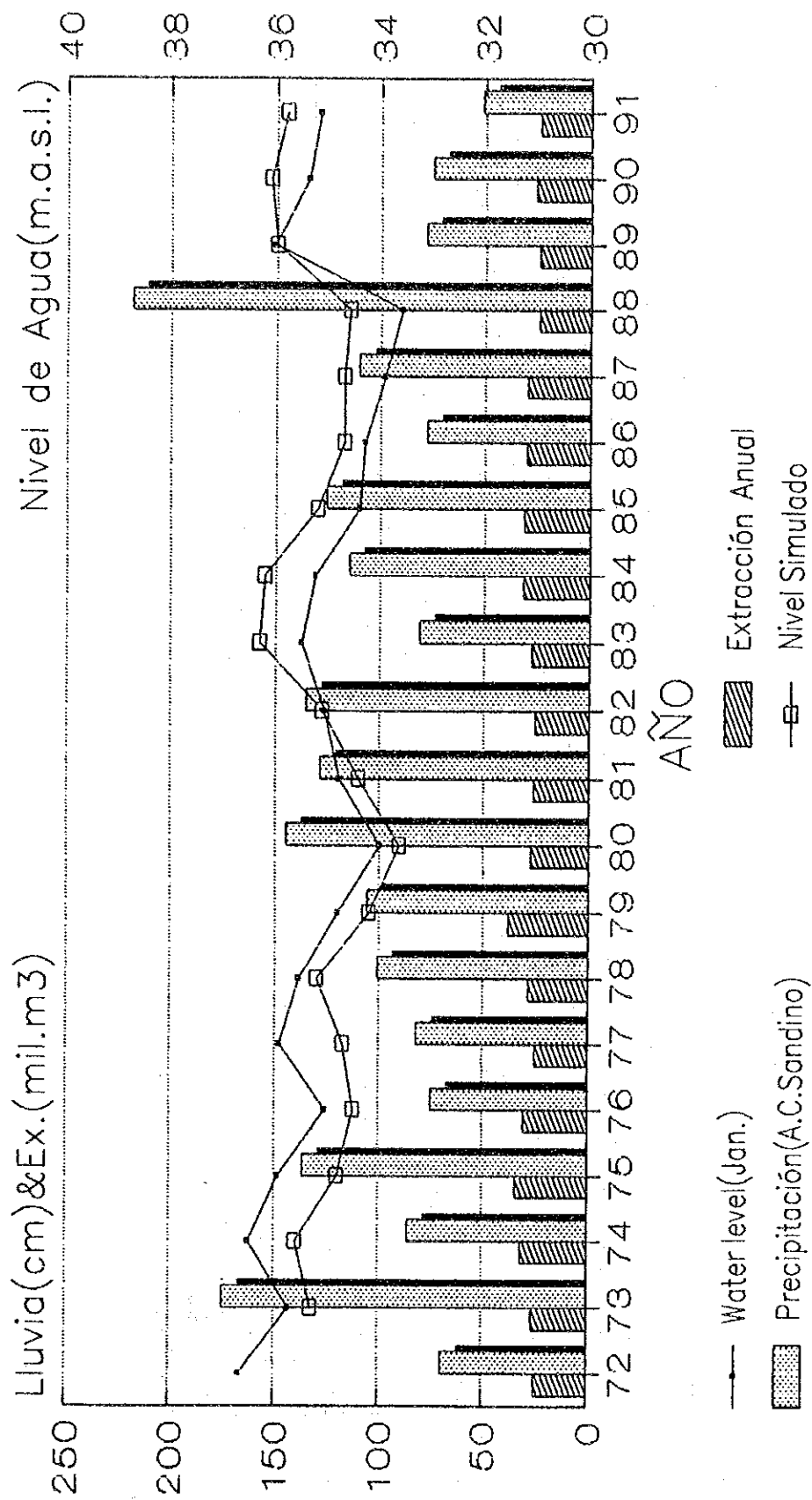


Fig. 5.3.13 Niveles Observados y simulados del Agua de la laguna de Asosca

Descarga de Bombeo

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1200	700	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	1200	100	500	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	1200	0	43000	4000	0	0	0	0	1600	3000	0	0	0	0
14	0	0	0	0	3000	0	0	0	0	0	0	0	3000	0	0	0
15	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500	0
16	0	0	100	1000	2000	2000	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	300	400	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	45	2000	0	0	200	1000	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	2000	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	100	1000	1000	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	2000	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	400	35	65000	10	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0
29	0	0	4500	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	4500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Descarga de Bombeo con el Programa de Rehabilitacion

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	138	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1200	700	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	1200	100	500	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	1200	0	43000	4000	0	0	0	0	1600	3000	0	0	0	0
14	0	0	0	0	3000	0	0	0	0	0	0	0	3000	0	0	0
15	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1500	0
16	0	0	100	1000	2000	2000	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	300	400	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	45	2000	0	0	200	1000	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	2000	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	400	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	100	1000	1000	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	2000	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2000	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	400	35	65000	10	0	0	0	0	0	0	0	1000	0	0
29	0	0	4500	500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	4500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 5.3.14 Mapa de Descarga por Bombeo para Predicción del Futuro (1)

Descarga de Bombeo con el nuevo Desarrollo en el Norte de Ticuantepe (1995)

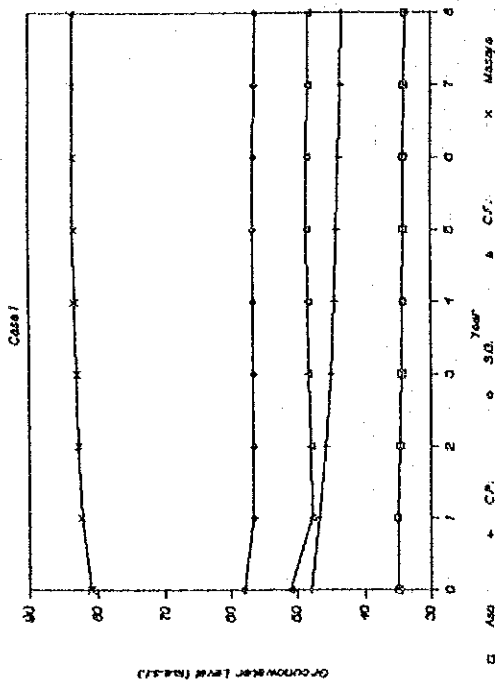
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1200	700	2400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	100	1000	2000	2000	2100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	15	2000	0	0	215	1500	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	2000	0	0	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	2200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	2000	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Descarga de Bombeo con el nuevo Desarrollo en Sabana Grande - Cofradía - Ticuantepe (2000)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	131	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	355	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	1200	700	2400	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	100	1000	2000	2000	2100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	15	2000	0	0	215	1500	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	2000	0	0	1500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	210	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	0	0	2200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	2000	0	1000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fig. 5.3.14 Mapa de Descarga por Bombeo para Predicción del Futuro (2)

Nivel Simulado de Agua Subterranea



Nivel Simulado de Agua Subterranea

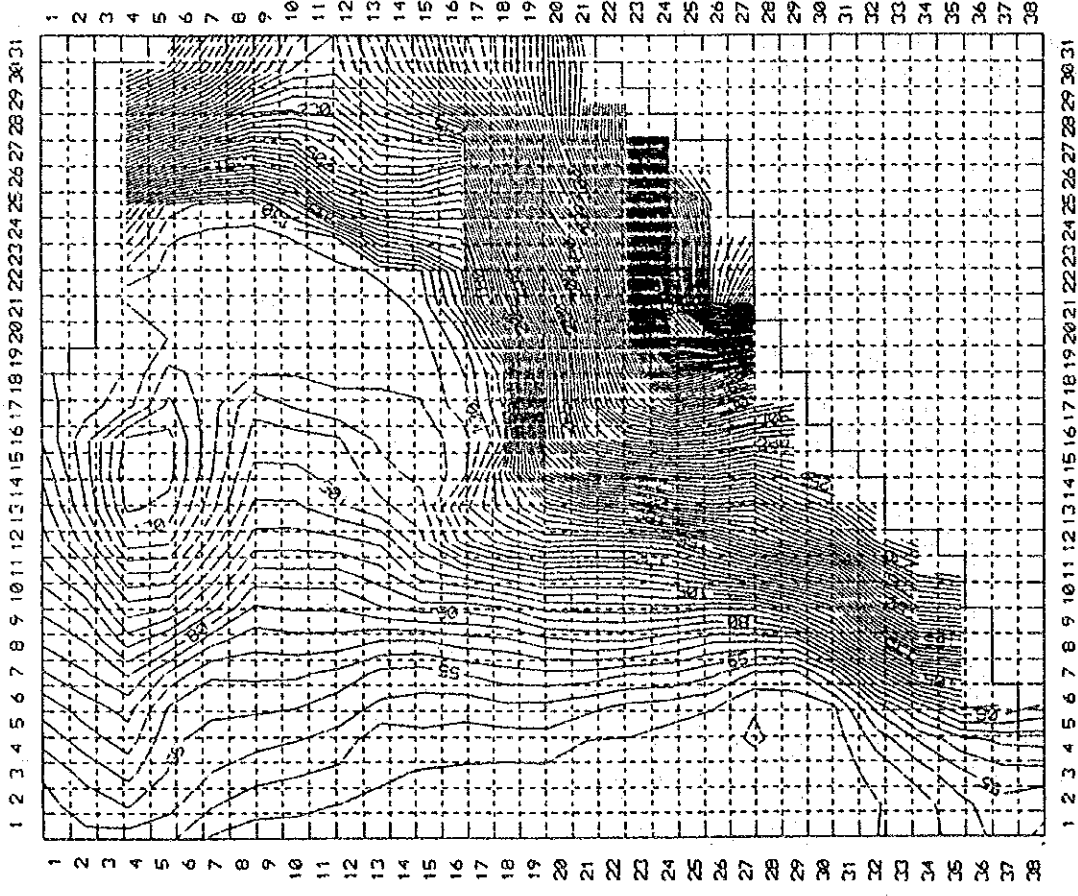
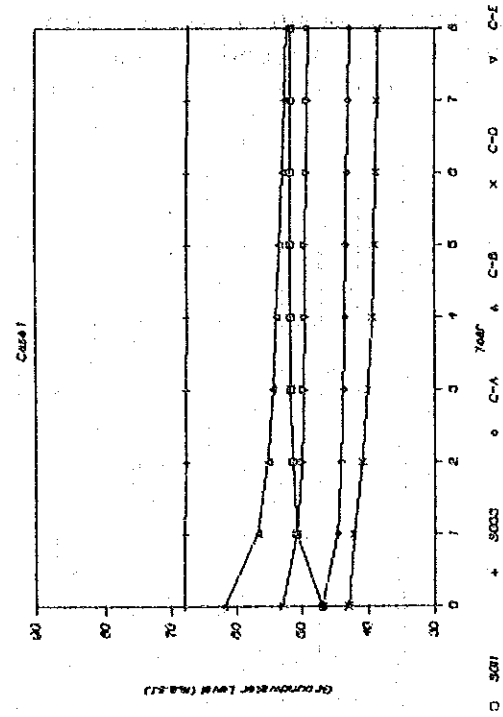


Fig. 5.3.15 Resultados Simulados (1)
- CASO 1 -

Nivel Simulado de Agua Subterranea

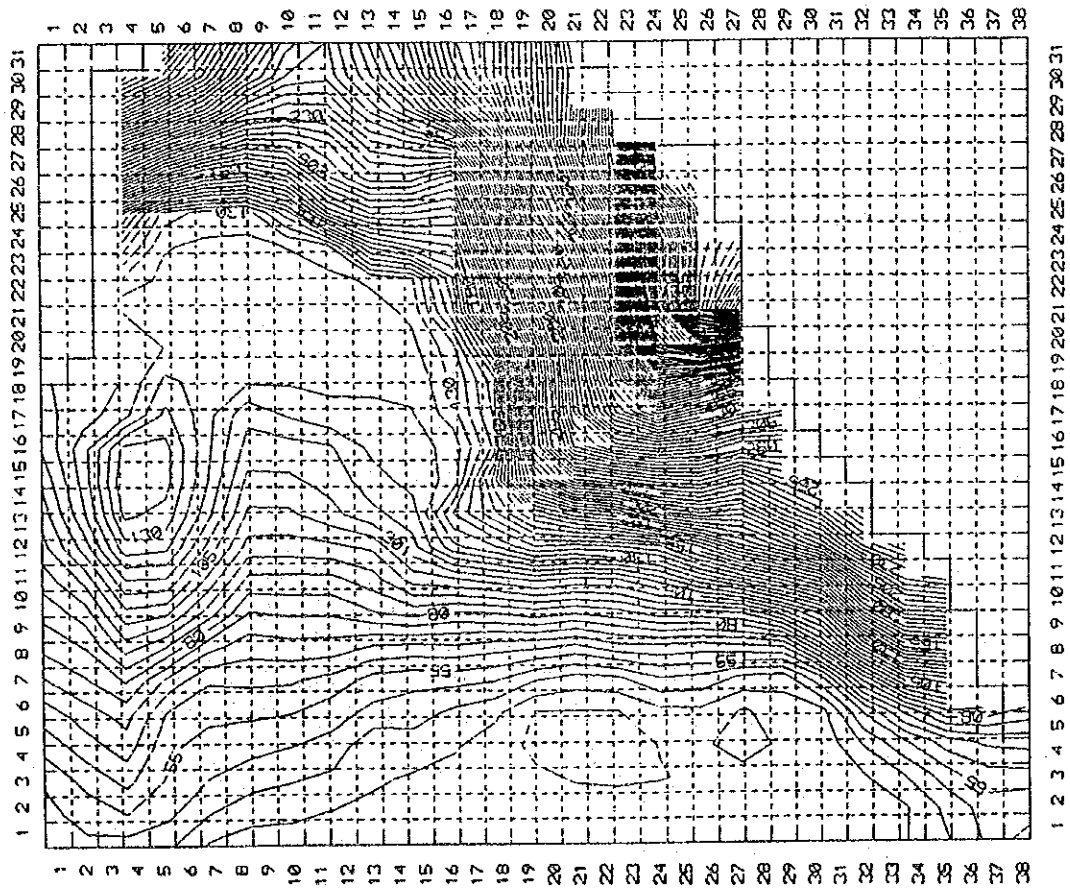
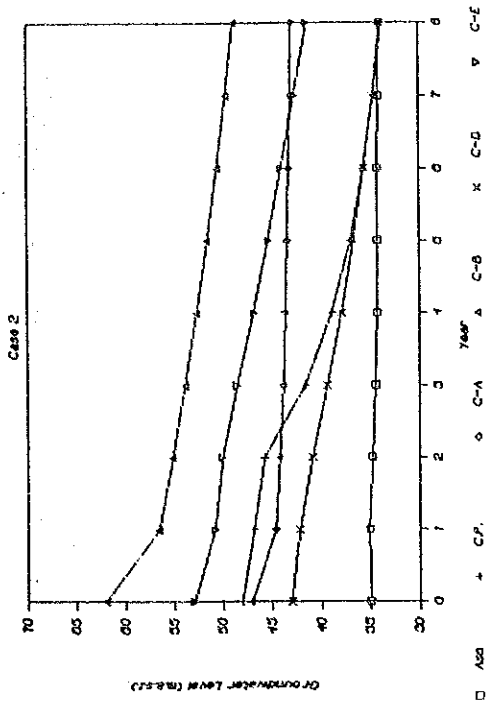


Fig. 5.3.15 Resultados Simulados (2)
- CASO 2 -

Nivel Simulado de Agua Subterranea

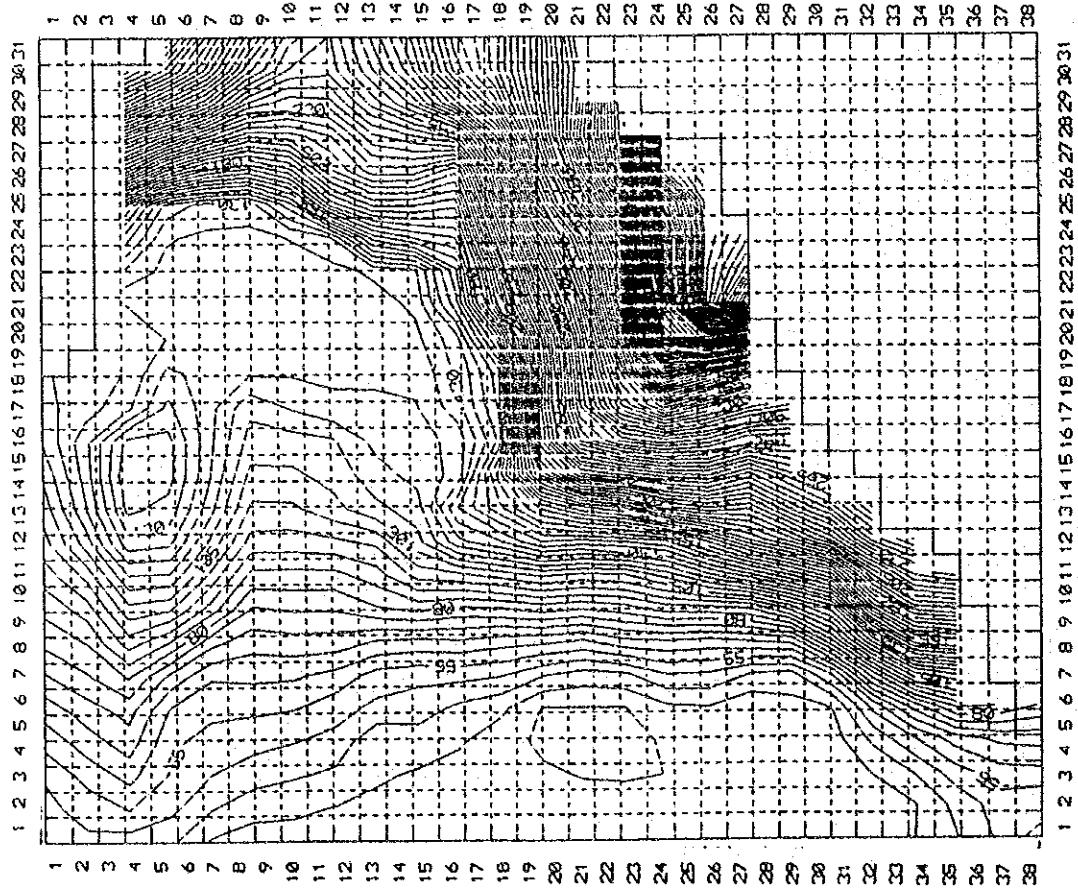
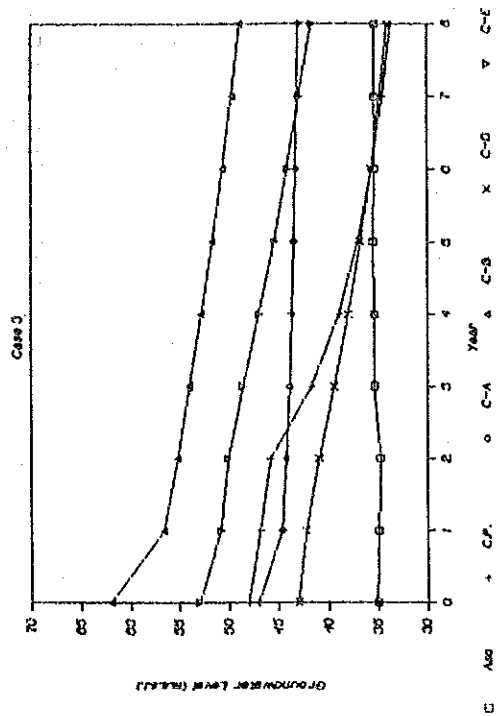


Fig. 5.3.15 Resultados Simulados (3)
- CASO 3 -

Nivel Simulado de Agua Subterranea

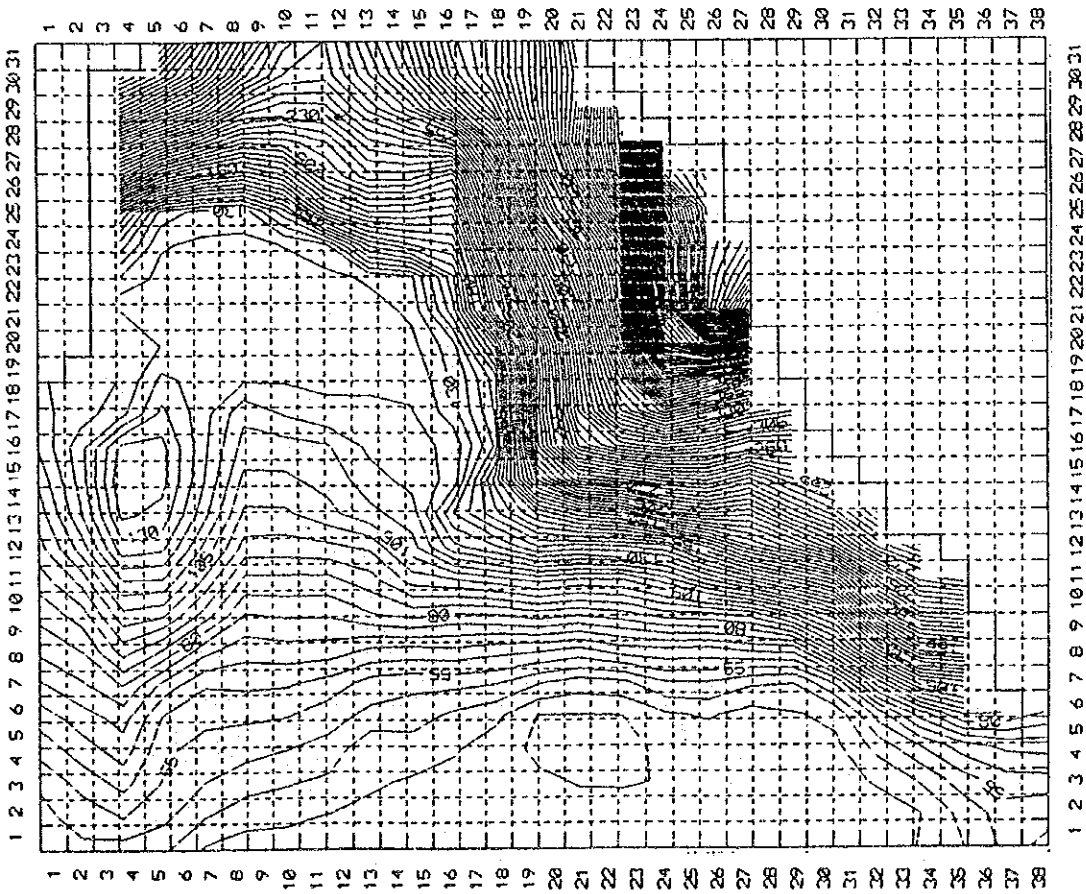
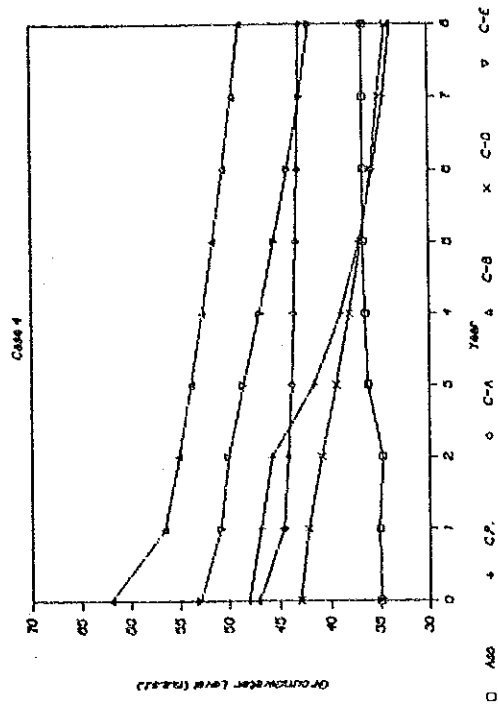


Fig. 5.3.15. Resultados Simulados (4)
- CASO 4 -

Nivel Simulado de Agua Subterranea

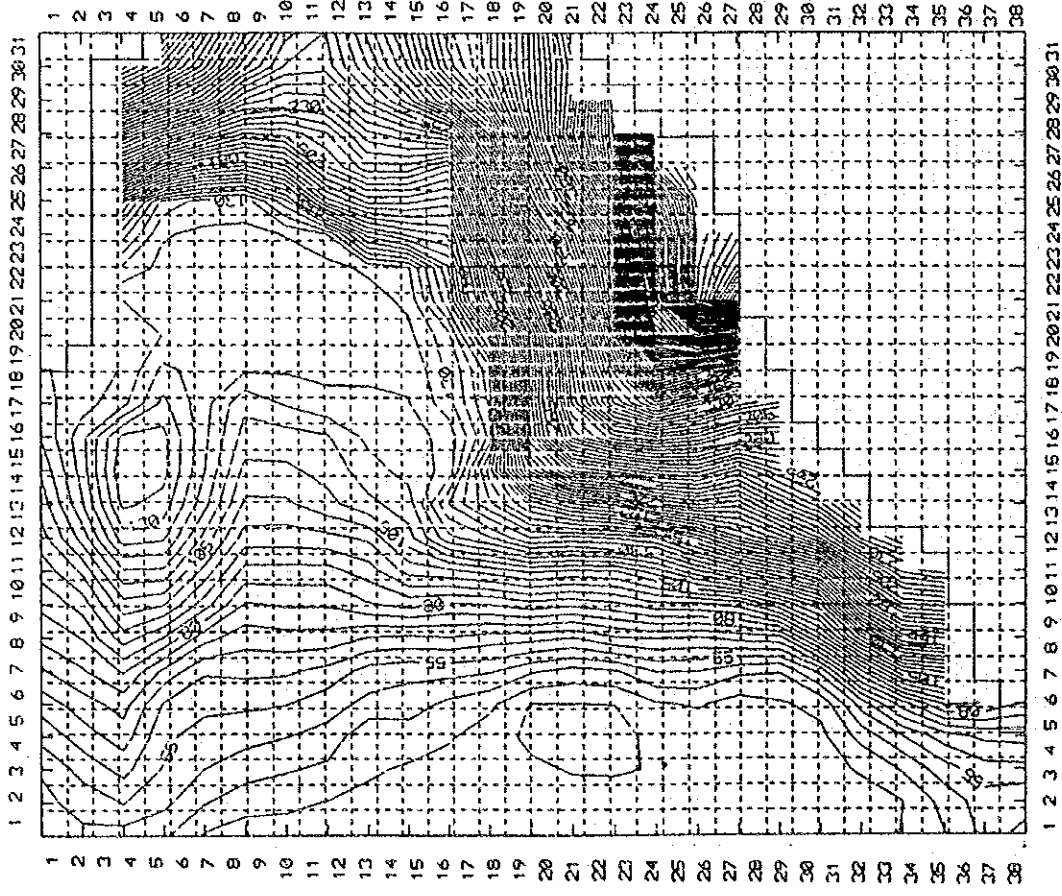
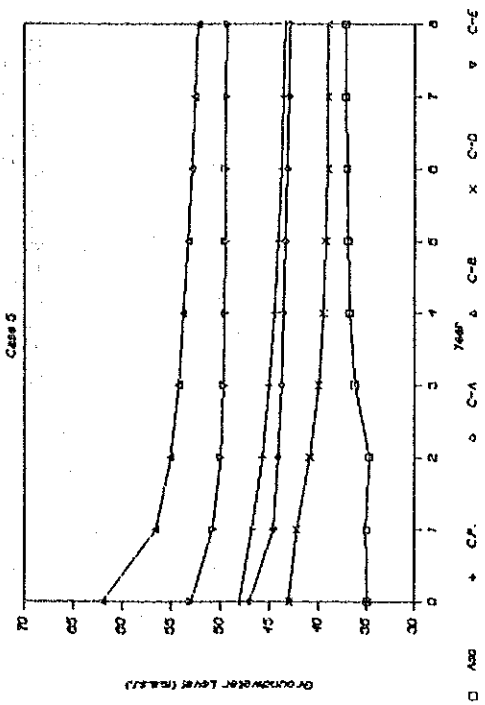


Fig. 5.3.15 Resultados Simulados (5)
- CASO 5 -

Nivel Simulado de Agua Subterranea

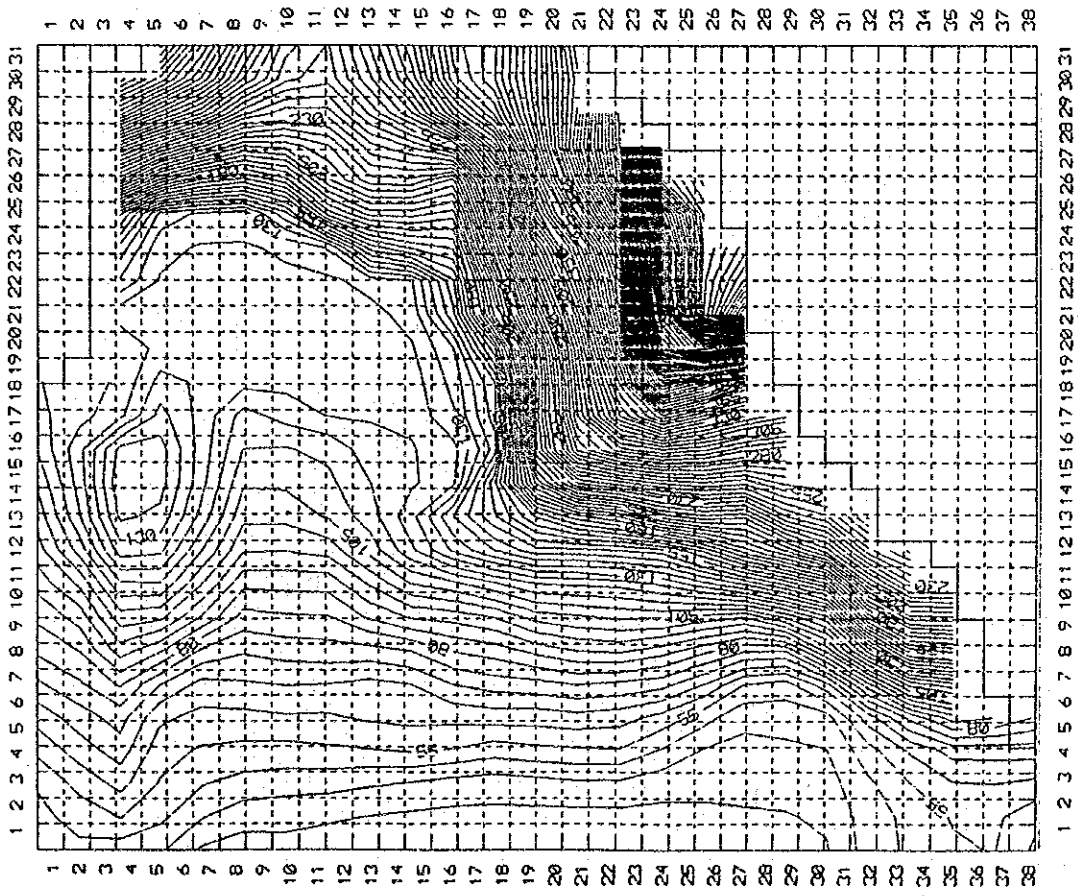
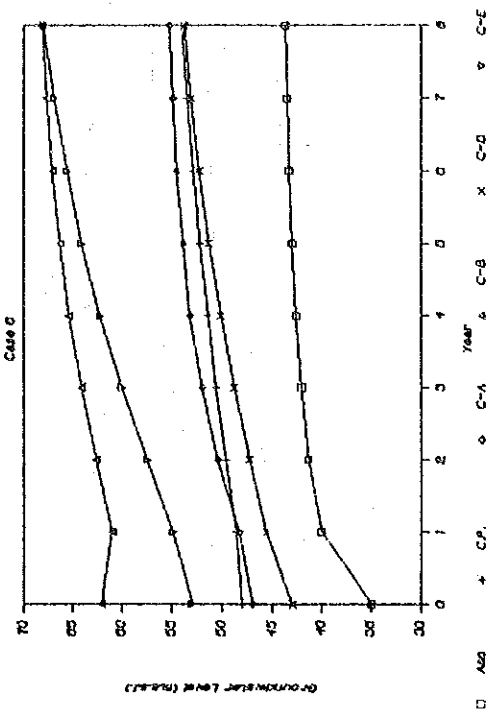
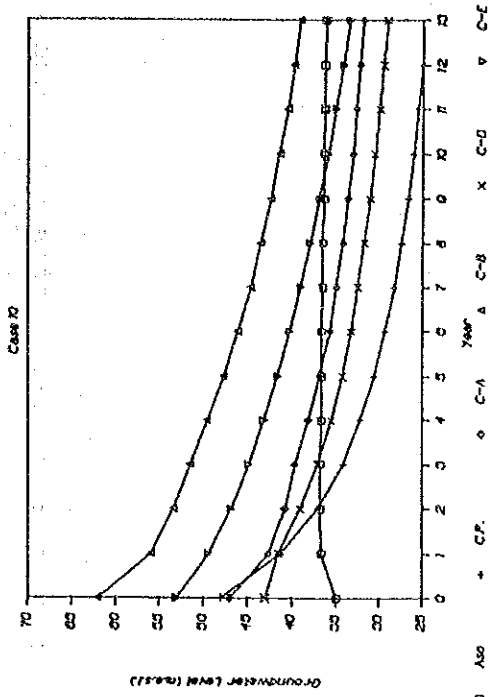


Fig. 5.3.15 Resultados Simulados (6)
- CASO 6 -

Nivel Simulado de Agua Subterranea



Nivel Simulado de Agua Subterranea

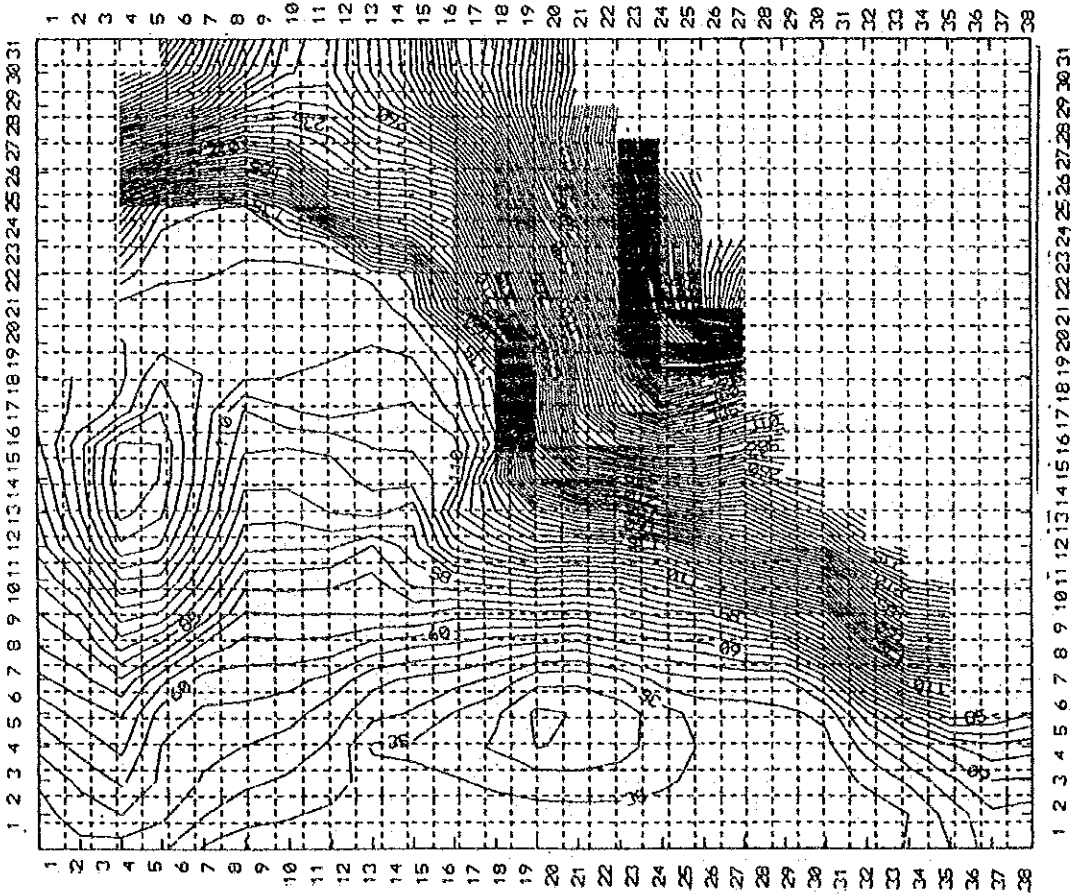
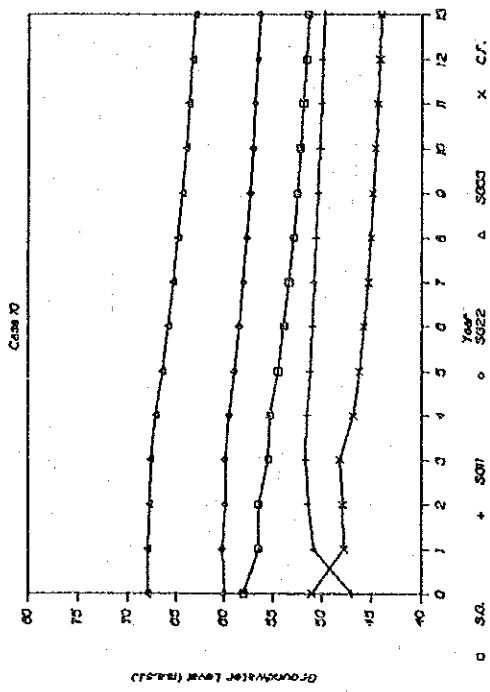
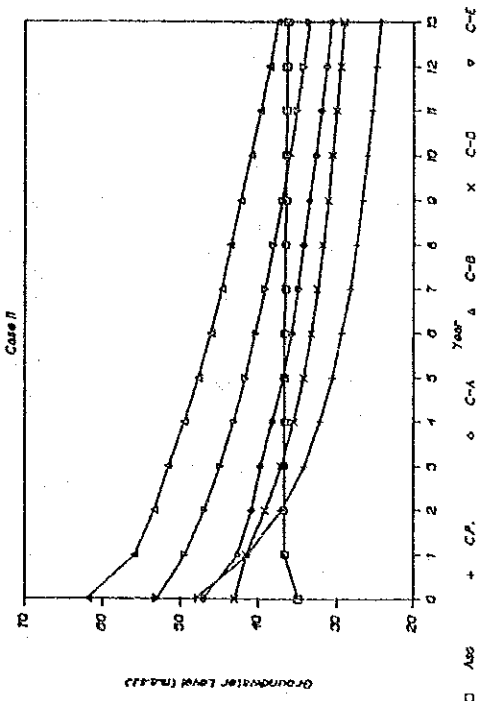


Fig. 5.3.15 Resultados Simulados (7)
- CASO 7 -

Nivel Simulado de Agua Subterranea



Nivel Simulado de Agua Subterranea

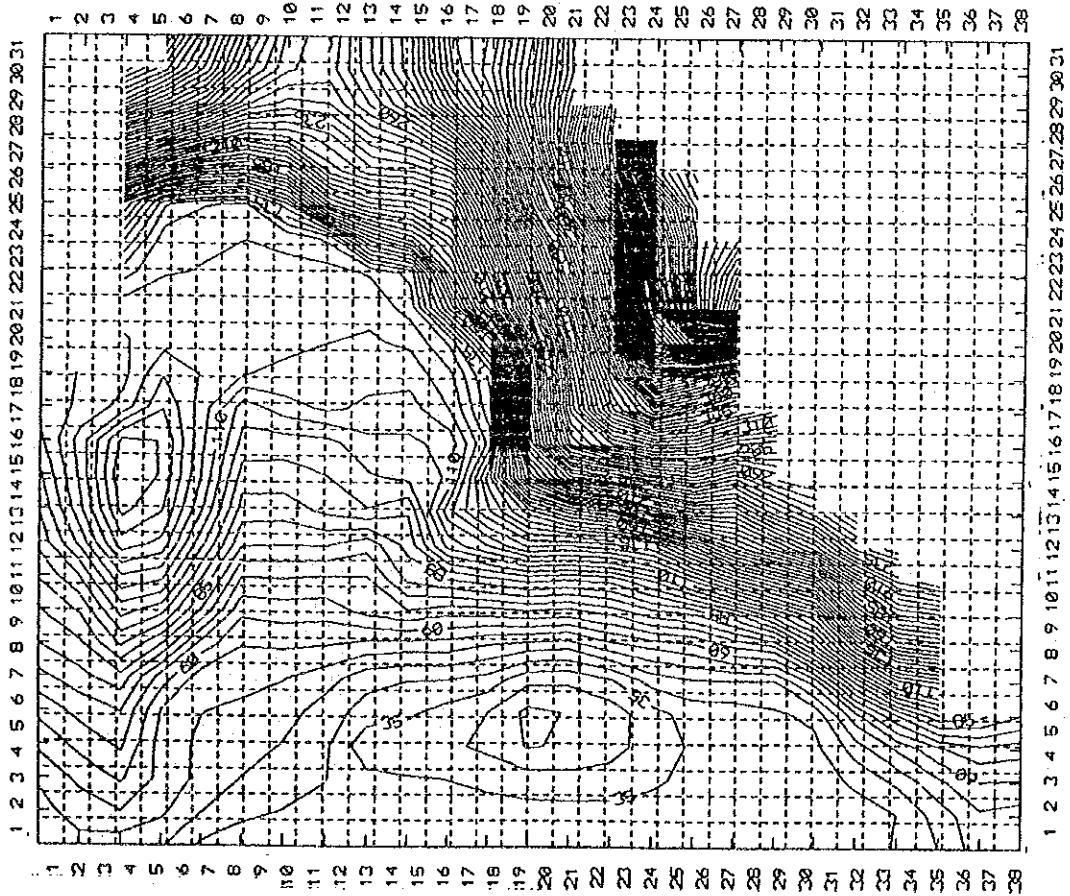
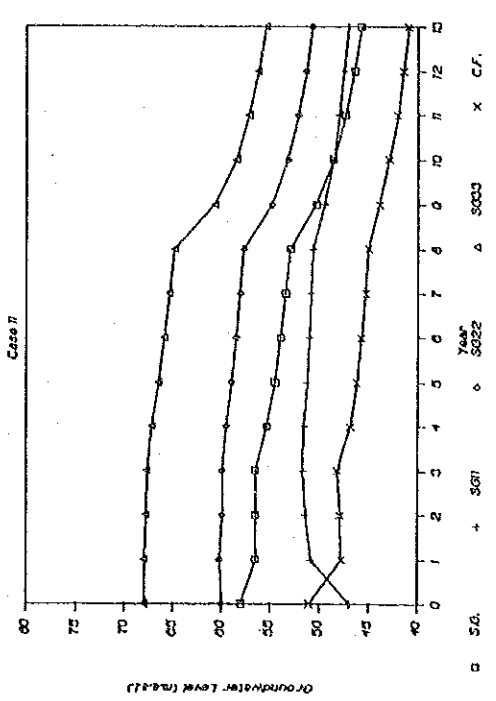


Fig. 5.3.15 Resultados Simulados (8)
- CASO 8 -

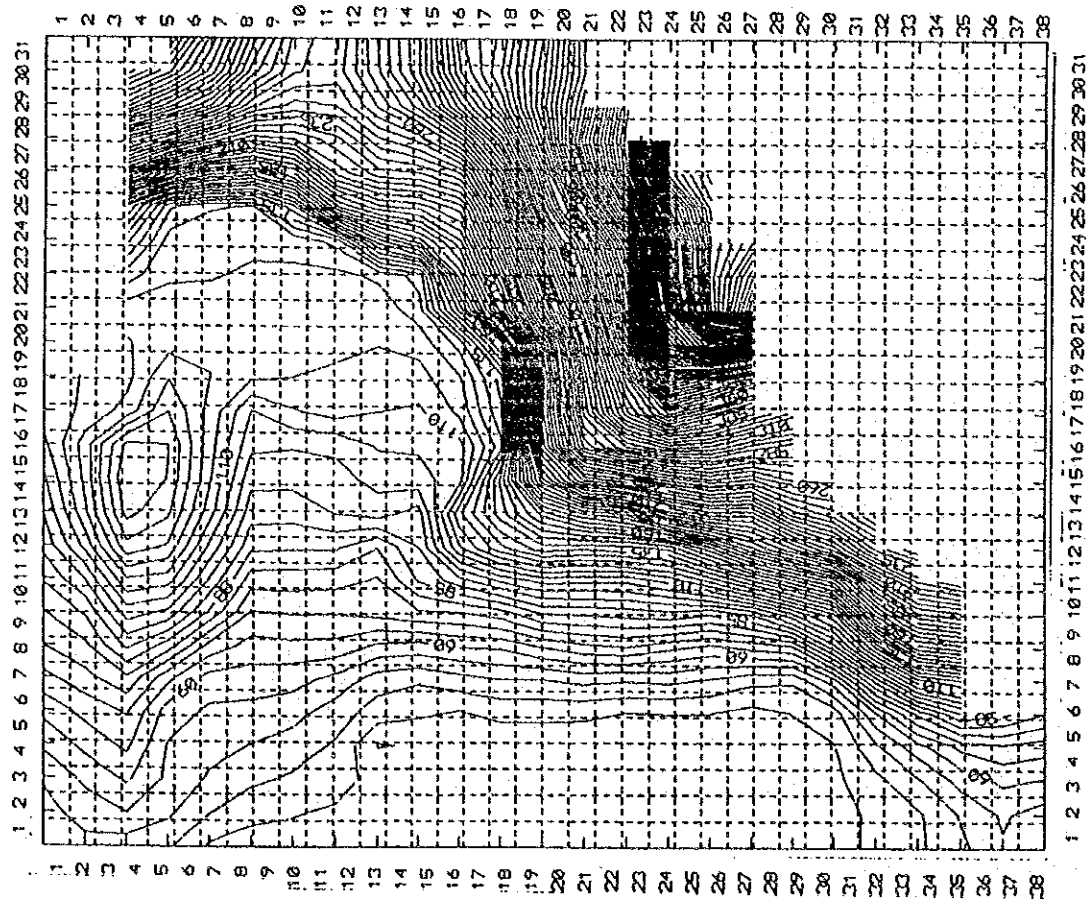
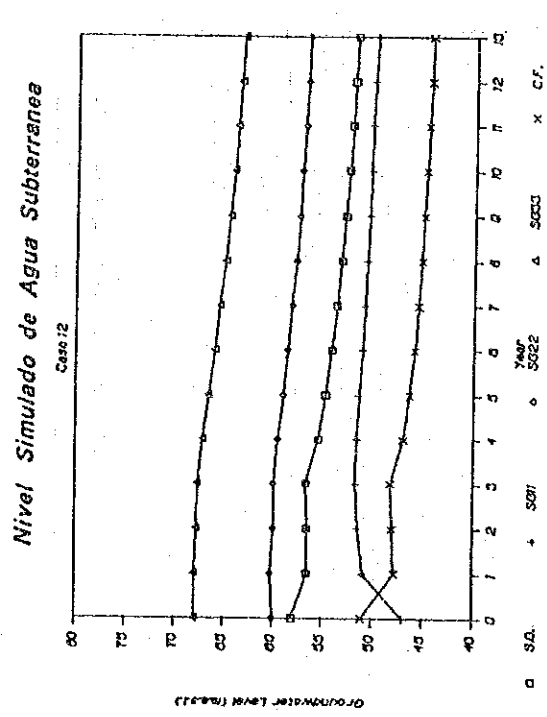
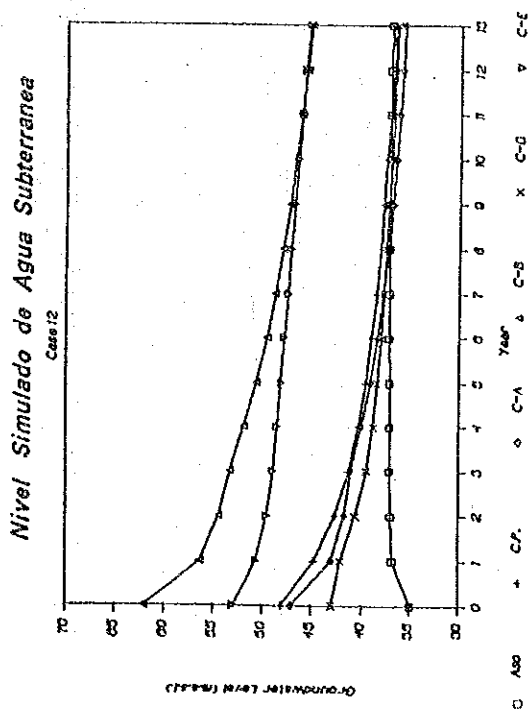


Fig. 5.3.15 Resultados Simulados (9) - CASO 9 -

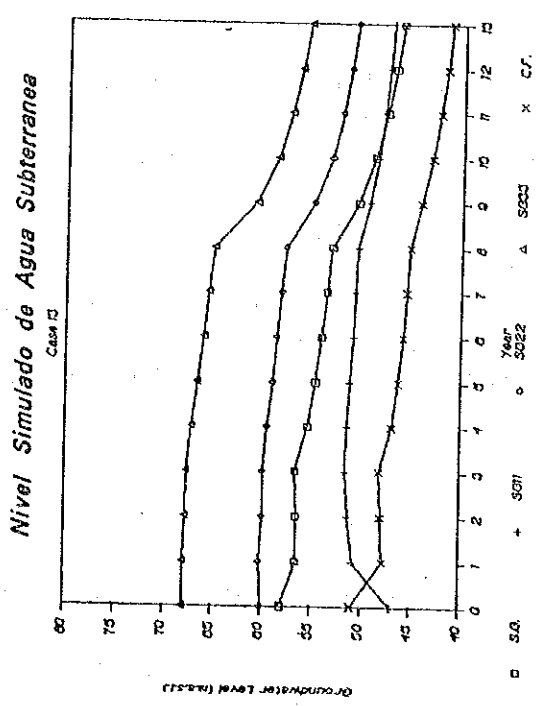
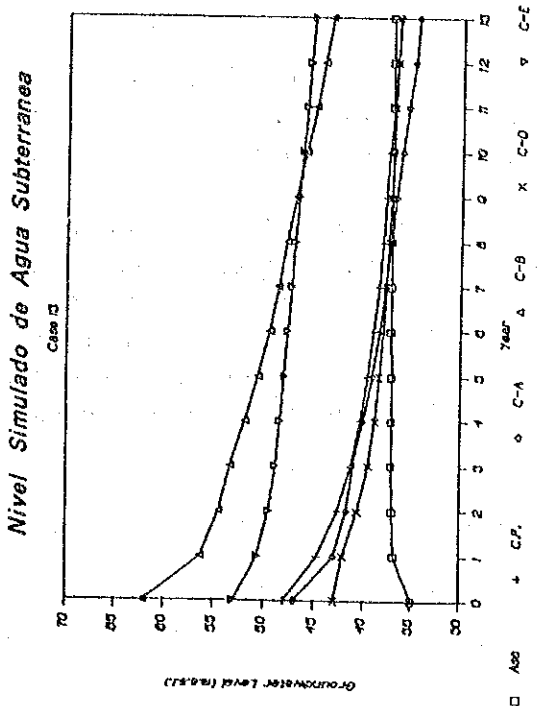
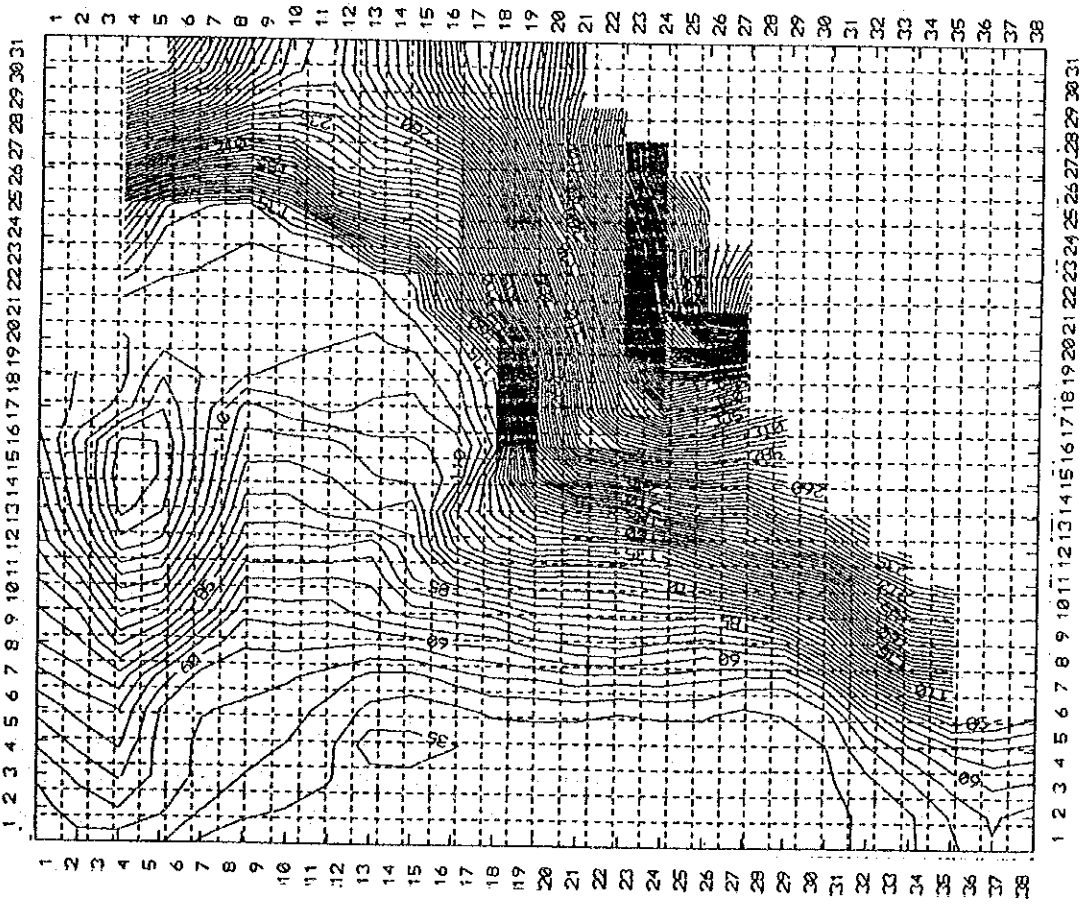


Fig. 5.3.15 Resultados Simulados (10)
- CASO 10 -

5.4 Recomendaciones

Como se citó en la sección anterior, este modelo de análisis simulado está basado en la calibración de registros disponibles de aguas subterráneas en un número limitado de puntos y tiempos.

Para la utilización de estos datos de simulación para predicciones futuras, el control de las aguas subterráneas debe continuar en las instalaciones sometidas a estudio y deben incrementarse los puntos de observación para comprobar el comportamiento exacto de las aguas subterráneas. De esta manera se podrán modificar los parámetros del modelo de una manera simultánea.

Considerando los casos estudiados se recomienda:

- (1) De acuerdo a los valores calculados por balance de agua, serán posibles nuevos desarrollos de agua subterránea en las cuencas hidrogeográficas este y oeste. Sin embargo, el bombeo debe ser reducido en la cuenca central.

Los valores calculados son estimaciones aproximadas que deben ser reevaluadas con los resultados de monitoreo de agua subterránea.

- (2) El nivel de aguas subterráneas en el centro de la ciudad de Managua disminuirá incluso manteniendo el nivel de extracción actual. La pozos de producción del INAA número 7 (El Estadio), número 8 (San Antonio), número 9 (Banco de América) y número 10 (Mercado Oriental) se localizan aproximadamente a 1 Km de la costa del lago con grandes zonas de extracción.

La instalación de pozos de control se debe realizar entre el lago de Managua y estos pozos. La reducción de la cantidad de agua extraída debe de ser considerada junto con los resultados de control del nivel del lago Managua. Otras descargas de agua por extracción, especialmente las del programa de rehabilitación, se considera que producirán una muy considerable disminución del nivel de agua en el área. El control de la descarga se debe realizar con una comprobación de las aguas subterráneas.

- (3) La recuperación del nivel de agua hasta 40 m.s.n.m. en la laguna de Asososca se alcanzará con una reducción de más del 40% respecto a 1991. Se debe considerar una regulación

detallada en el nivel de agua de la zona industrial existente en la laguna de Asososca y el lago Managua. Esta reducción deberá de acometerse con emergencia ya que la extracción de agua deberá ser interrumpida si desechos industriales invaden la laguna de Asososca.

- (4) Nuevos desarrollos de aguas subterráneas en las áreas de Sabana Grande, Cofradía, Veracruz y Ticuantepe producirán una disminución del nivel de agua en zonas bajas como Carlos Fonseca. Las interferencias en los pozos de Carlos Fonseca se discuten en el Capítulo 3, y una media de 7 metros de recuperación en el nivel se espera mediante un control y coordinación efectiva de la descarga de agua por extracción. Se considera que un desarrollo hasta 1995 afectaría de una manera aceptable a la disminución del nivel de agua de los pozos existentes como los de Carlos Fonseca.

Sin embargo, para el desarrollo hasta el año 2000 es necesario considerar los resultados de control que serán tomados en estas áreas. Desde el punto de vista de la reducción que se requiere en la extracción de agua en la laguna de Asososca y en otros pozos en el centro de la ciudad de Managua, se recomienda empezar lo antes posible la investigación de otras áreas que sean recursos potenciales de agua potable.

CAPITULO 6 EL PROYECTO

CAPITULO 6 EL PROYECTO

Basados en el estudio del abastecimiento de agua para Managua discutido en Capítulo 3, y en el potencial de desarrollo del agua subterránea dentro del área de captación de 880 km² mencionada en el Capítulo 5, se ha establecido un plan de desarrollo de agua subterránea para el abastecimiento de la ciudad de Managua como parte del Estudio.

6.1 Concepto Básico

El proyecto de desarrollo de aguas subterráneas se realizó bajo los siguientes conceptos básicos:

- a) La meta es el año 2000
- b) El área a ser abastecida comprende toda la ciudad de Managua la que está dividida en siete distritos, pero el proyecto deberá cubrir los Distritos 2 y 6 sin incluir el área con abastecimiento independiente que corresponde al Distrito 1, y el nivel de servicio no será uniforme. El Distrito 7 está ubicado en el nivel de servicio rural, mientras que el Distrito 1 y 6 están en el nivel de servicio urbano.
- c) La población a ser abastecida en el año 2000 será estimada con la población total de los Distritos 2 y 6 en el año 2000.
- d) Se estima que la demanda de agua para el año 2000 no podrá ser alcanzada con la producción total esperada en el Area de Estudio. Sin embargo, el nivel de servicio de abastecimiento planificado no disminuirá porque se espera que este pueda ser beneficiado con el desarrollo adicional del agua subterránea en otras áreas fuera del área de Estudio.
- e) El proyecto se implementará en 3 fases.
Fase I se centrará en el plan de abastecimiento urgente para minimizar al menos las actuales inconveniencias tales como el corte de agua periódico y el escaso abastecimiento en las áreas altas. La fase II se centrará en el desarrollo del agua subterránea a gran escala por medio de

la prudente extracción de agua de las áreas con mayor potencial dentro del área de estudio con el objetivo de alcanzar la demanda del año 2000 todo lo posible. El desarrollo de nuevas fuentes de suministro fuera del Área de Estudio para enfrentar la demanda del año 2000 se discutirá en la fase 3 del proyecto.

- f) El alcance del proyecto comprende el desarrollo del agua subterránea y la construcción de instalaciones de conducción hacia los depósitos de agua existentes. El mejoramiento de las instalaciones de distribución existentes le corresponderá a otros proyectos.

6.2 Área Servida

El área con servicio de abastecimiento comprende los siete Distritos de Managua, como se muestra en la Fig. 3.1. Las características de los Distritos de acuerdo con el sistema de abastecimiento o con el nivel de servicio se resumen de la siguiente manera:

1) Distrito 1

El distrito 1 está ubicado en el límite occidental de la ciudad de Managua. Este área está topográficamente separado de las áreas principales por medio de la serranía montañosa y su sistema de abastecimiento es independiente. Este área ocupa gran parte del sub-área occidental del área de captación estudiada; además está separada del sub-área Central y Oriental por la cuenca hidrogeológica. Por tanto, el sistema de abastecimiento del Distrito 1 debe continuar siendo independiente porque la fuente de abastecimiento se limita al sub-área occidental desarrollado el que se extiende hacia el norte. Ya que las sub-áreas que conciernen al proyecto son la Central y la Oriental incluyendo la parte este, este distrito está excluido del área de servicio del Proyecto.

2) Distritos del 2 al 6

Los distritos del 2 al 6 comprenden las principales áreas urbanas de Managua. Los distritos 2, 4 y 6 se extienden desde la zona baja a lo largo de la costa sur del lago de Managua hasta la zona alta (elevación 35-135m).

Los distritos 3 y 5 están ubicados en la zona más alta con

elevación de 50 a 300m.

A excepción de la parte oriental de los distritos 5 y 6 que pertenecen al misma sub-área, la mayor parte de los distritos arriba mencionados están incluidos en el sub-área central de la cuenca hidrogeológica.

La proyección de la demanda de agua y la tasa de consumo per cápita diaria se planeó en todos los Distritos, de acuerdo con el nivel de suministro urbano.

Distrito 7

El distrito 7 está situado en la zona más alta en el límite sur de Managua (elevación más de 300m).

Aunque este Distrito está incluido administrativamente en el área de la ciudad no está en el mismo nivel de servicio de los otros Distritos. El plan de desarrollo para el año 2000 se mantiene en el nivel rural actual de servicio de abastecimiento y la tasa de crecimiento de la población y de la demanda se mantendrá en casi la mitad de los otros Distritos, debido que no se espera un drástico desarrollo social ni industrial en este Distrito afectado por condiciones topográficas desfavorables.

6.3 Proyección de la Demanda de Agua

La demanda de agua para el año en mención, que corresponde a la cantidad de suministro planificada se determinó por la siguiente ecuación:

$$\begin{array}{l} \text{cantidad media=} \\ \text{suministrada} \\ \text{diario} \end{array} = \frac{\begin{array}{l} \text{Abastecimiento Diario Medio} \\ \text{Población servida x cantidad per cápita} \end{array}}{\text{Factor de efectividad}} \dots(1)$$

$$\begin{array}{l} \text{Máximo diario} \\ \text{cantidad} \\ \text{suministrada} \end{array} = \begin{array}{l} \text{diario medio} \\ \text{cantidad} \\ \text{suministrada} \end{array} \times \begin{array}{l} \text{coeficiente de} \\ \text{máximo} \\ \text{diario} \end{array} \dots(2)$$

1) Proyección de la Población Servida

La población total de Managua estimada en 1991 fue de

1.164.103 personas, este estimado se basó en datos del Consejo Supremo Electoral CSE como se describe en el capítulo 3.

La tasa de crecimiento poblacional difiere de acuerdo con el Distrito y con el período de tiempo futuro, la población proyectada para el año 2000 se muestra en el Cuadro 6.3.1(1).

Tasa de Crecimiento	Período	Distritos
5,2%	1991 - 1995	1 - 6
5,0%	1995 - 2000	
2,5%	1991 - 2000	7

La población servida constituye el 100% de la población como se afirma en los conceptos básicos del plan.

2) Consumo Diario Medio Planeado Per Capita

La cantidad de consumo de agua doméstico per cápita "174 ℓ/c/d (45,9 g/c/d)" se obtuvo por medio de la investigación realizada(este valor parece ser representativo de la tasa de consumo probable para uso doméstico como se describe en el punto 3.2. 4-2), y puede servir como base para determinar el consumo diario. Mientras tanto, la razón entre el consumo de agua doméstico y el consumo total incluyendo otras categorías de uso en Managua es 1:1,2, como se describe en el punto 3.2.5. Por tanto, el consumo medio diario per cápita proyectado es de 208,8 ℓ/c/d (55 g/c/d).

3) Consumo Máximo Diario Planeado Per Cápita

El consumo diario es variable y aumenta particularmente entre las estaciones del año. El valor de diseño para la tasa de consumo debería estimarse con las estadísticas de consumo del pasado.

Sin embargo, los datos recientes no son muy útiles porque no se consideró efectiva la variación estacional debido a la política de la suspensión periódica del suministro de agua. Por consiguiente, la determinación de la tasa de consumo máximo se basará en los criterios de INAA, 1,2 veces el consumo medio.

Cuadro 6.3.1 (1) Poblacion Estimada en 1991, 1995 y 2000

District	Zona Baja			Zona Media			Zona Alta			Zona Alta Superior			Distrito I			Total		
	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.986	86.943	110.964	70.986	86.943	110.964
2	105.678	129.434	165.194	45.348	55.542	70.887	-	-	-	-	-	-	-	-	-	151.026	184.976	236.081
3	-	-	-	60.916	74.610	95.223	54.859	67.191	85.755	53.651	65.711	83.866	-	-	-	169.426	207.512	264.314
4	158.303	193.889	247.457	70.704	86.598	110.523	-	-	-	-	-	-	-	-	-	229.007	280.487	357.980
5	-	-	-	42.916	52.563	67.085	143.134	175.310	223.745	14.800	18.127	23.135	-	-	-	200.850	246.000	313.965
6	94.933	116.273	148.397	147.156	180.236	230.032	4.131	5.060	6.458	-	-	-	-	-	246.220	301.569	384.837	
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	96.588	106.615	120.625	-	-	-	96.588	106.615	120.625
Total	358.914	439.596	561.048	367.040	449.549	573.750	202.124	247.561	315.958	165.039	190.453	227.626	70.986	86.943	110.964	1.164.103	1.414.102	1.789.316
																Total of District 2-7		
																1.093.117	1.327.159	1.678.332

Cuadro 6.3.1 (2) Demanda de Agua Estimada en 1991, 1995 y 2000

District	Zona Baja			Zona Media			Zona Alta			Zona Alta Superior			Distrito I			Total		
	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000	1991	1995	2000
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.86	7.17	9.15	5.86	7.17	9.15
2	8.72	10.68	13.63	3.74	4.58	5.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.46	15.26	19.48
3	-	-	-	5.03	6.16	7.86	4.52	5.54	7.07	4.43	5.42	6.92	-	-	-	13.98	17.12	21.85
4	13.06	16.00	20.42	5.83	7.14	9.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18.89	23.14	29.54
5	-	-	-	3.54	4.34	5.53	11.81	14.46	18.46	1.22	1.50	1.91	-	-	-	16.57	20.30	25.90
6	7.83	9.59	12.24	12.14	14.87	18.98	-	-	-	0.34	0.42	0.53	-	-	-	20.31	24.88	31.75
7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.97	1.07	1.21	-	-	-	0.97	1.07	1.21
Total	29.61	36.27	46.29	30.28	37.09	47.34	16.33	20.00	25.53	6.96	8.41	10.57	5.86	7.17	9.15	89.04	108.94	138.88
																Total of District 2-7		
																88.18	101.77	129.73

Unite: MCD

Así el consumo máximo diario planeado per cápita es:

$$208,8 \text{ l/c/d/} \times 1,2 = 250 \text{ l/c/d} \text{ (66,0 g/c/d)}$$

4) Factor de Efectividad Planeado

El factor de efectividad designa la proporción del agua usada efectivamente (el uso no-efectivo del agua se refiere a las fugas). Para el año 1991 el factor de efectividad se estimó fue de 0,733 como se describe en el punto 3.2.4. Sin embargo, este valor no es usado por temor de realizar un diseño excesivo de demanda de agua.

El factor de efectividad planeado se fijará en 0,80 que es un valor comunmente usado en la planificación del abastecimiento de agua, esperando que se continúe con los esfuerzos para reducir las pérdidas. Usando valores de factores varios la demanda de agua para el año 2000 se calcula de acuerdo con las ecuaciones (1) y (2). La proyección de la demanda arriba mencionada se aplica a las áreas de servicio urbano de los Distritos del 2 al 6. Con relación al Distrito 7 se ha usado un valor fijo de 10 gal/c/d (casi 38 litros c/d) para el consumo diario per cápita. Por tanto, la demanda se calcula simplemente al multiplicar 10 g/c/d por la población proyectada en el año en cuestión. Así la demanda de agua total para el año 2000 asciende a 138,88 MGD (525.700 m³/día). La demanda proyectada para 1995 y 2000 se muestra en el Cuadro 6.3.1(2).

6.4 Plan de Desarrollo del Agua Subterránea

6.4.1 Potencial de Agua Subterránea por Área

El potencial de desarrollo del agua subterránea en el Area de Estudio discutido en el Capítulo 5 suma 158,5 millones m³/año (114,72 MGD), con la capacidad siguiente para cada una de las tres sub-áreas.

Sub-área occidental	8,9 millones m ³ /año	(6,44 MGD)
Sub-área central	41,6 millones m ³ /año	(30,11 MGD)
Sub-área oriental	108,0 millones m ³ /año	(78,17 MGD)

Por otro lado, la producción total de agua (volumen de agua subterránea extraída incluyendo la laguna de Asososca) del Area

de Estudio en 1991 fue de 100,6 millones m³/año (72,981 MGD), con la producción siguiente en cada una de las tres sub-áreas.

Sub-área occidental	3,10	millones m ³ /año	(2,24 MGD)
Sub-área central	63,57	millones m ³ /año	(46,01 MGD)
Sub-área oriental	31,33	millones m ³ /año	(22,68 MGD)

Consecuentemente, el potencial restante de desarrollo de agua subterránea en toda el Area de Estudio después del año 1991 es de 46,73 millones m³/año (33,82 MGD). Como conclusión se puede llevar a cabo el desarrollo adicional prudente de agua subterránea en el Area de Estudio hasta una cantidad de 46,73 millones m³/año (33,82 MGD) posterior al año 1991. No obstante, el potencial restante en cada una de las sub-áreas hidrogeológicas en mención es muy diferente:

Sub-área occidental	+	5,80	millones m ³ /año	(+ 4,20 MGD)
Sub-área central	-	27,85	millones m ³ /año	(- 20,16 MGD)
Sub-área oriental	+	68,78	millones m ³ /año	(+ 49,78 MGD)

En el sub-área occidental que incluye al Distrito 1 se puede llevar a cabo el desarrollo adicional de agua subterránea de 4.20 MGD. Sin embargo, esta cantidad no puede cubrir la demanda del año 2000 si la cantidad de suministro diario per cápita llegará a ser mayor que la cantidad planeada de 82,5 gl/c/d con el nivel de servicio existente de casi 31,6 gl/c/d.

No obstante el sub-área occidental estudiado que incluye el Distrito 1, no cubre toda la cuenca hidrogeológica debido que está limitada por la línea de latitud Norte de 12° 14'. Se espera que la parte norte del Area de Estudio tenga más capacidad de desarrollo de agua subterránea. Además se requerirá en el futuro cercano otro estudio que cubra todo el área de captación.

El sub-área central está desprovista de capacidad adicional para el desarrollo de agua subterránea. Contrariamente, el volumen de agua extraída en este área en 1991 sobrepasó su capacidad con una sobre extracción hasta de 20,16 MGD. En este área se debe reducir la extracción gradualmente con el propósito de recuperar el balance hídrico.

Por otro lado, el sub-área oriental todavía tiene una capacidad considerable de 49,78 MGD. Por lo tanto, el plan para el nuevo desarrollo de agua subterránea debe centrarse en este sub-área, debido a que el Distrito 1 del sub-área occidental debe

continuar como área de abastecimiento independiente. Una discusión posterior sobre el balance de la demanda de agua y el potencial de desarrollo de agua subterránea sería importante se centrara en las dos sub-áreas la Central y la Oriental, a continuación se muestra el balance de estas dos sub-áreas:

Potencial de desarrollo total
de las sub-áreas
Central y Oriental 149,60 millones m³/año (108,28 MGD)

Extracción total en 1991
De las dos sub-áreas 108,67 millones m³/año (78,66 MGD)

Balance (del potencial restante
en las dos sub-áreas) 40,93 millones m³/año (29,63 MGD)

6.4.2 Distribución del Agua Subterránea Desarrollada

El agua subterránea desarrollada en las áreas Central y Oriental se usó para los siguientes propósitos en el año 1991:

- Fuente de suministro
de agua para Managua 94,90 millones m³/año (68,69 MGD)
- Fuente de suministro
para las áreas rurales 6,65 millones m³/año (4,81 MGD)
- Uso industrial 5,88 millones m³/año (4,26 MGD)
- Uso agrícola 1,24 millones m³/año (0,90 MGD)

Si asumimos que en el futuro cercano no aumentará el uso del agua en el área industrial y agrícola y aplicamos una proporción de aumento de 2,5% para el área rural (municipal), la distribución del agua subterránea desarrollada fuera del abastecimiento para Managua se estima puede alcanzar las siguientes cantidades en 1995 y 2000:

	<u>1995</u>	<u>2000</u>
Uso Agrícola	0,90 MGD	0,90 MGD
Uso industrial	4,26 MGD	4,26 MGD
Abastecimiento rural	5,31 MGD	6,01 MGD
Sub total	10,47 MGD	11,17 MGD

Si agregamos el requerimiento de agua estimado para la ciudad de Managua, la demanda en las sub-áreas Central y Oriental para 1995-2000 suma 112,24 MGD y 140,90 MGD respectivamente, como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 6.4.1 Distribución del Agua Subterránea Desarrollada en las sub-áreas Central y Oriental

Unidad: MGD & (m ³ /día)		
Distribución	1995	2000
Abastecimiento de agua en Managua (Distrito 2-7)	101,77 (385.200)	129,73 (491.000)
Abastecimiento Rural/municipal	5,31 (20.100)	6,01 (22.800)
Uso Industrial	4,26 (16.100)	4,26 (16.100)
Uso Agrícola	0,90 (3.400)	0,90 (3.400)
Demanda Total	112,24 (424.900)	140,90 (533.400)

6.4.3 Balance del Potencial de Agua Subterránea y Demanda

Como se describe en el punto 6.4.1 el volumen total de agua extraída en el año 1991 en el sub-área central excedió el potencial de desarrollo del agua subterránea, lo que ocasionó el decrecimiento del nivel de agua subterránea y de la laguna de Asososca. No obstante, el potencial del sub-área oriental tiene la capacidad de compensar la reducción del sub-área Central consecuentemente el potencial de desarrollo todavía se mantiene si lo comparamos con la demanda total de las dos sub-áreas en 1991, el potencial restante es de 15,13 MGD. Pero el creciente aumento de la demanda sobrepasará la potencialidad de desarrollo antes del año 1995, como se muestra en la Fig. 6.4.1 y en el Cuadro 6.4.2.

Cuadro 6.4.2 Balance del Potencial de Agua Subterranea y de la Demanda Total en la sub-área Central y Oriental

unit:MGD

		1991		1995		2,000	
		Sub-área Central	Sub-área Oriental	Sub-área Central	Sub-área Oriental	Sub-área Central	Sub-área Oriental
Potencial de Desarrollo del Agua Subt.		30.11 (41.60)	78.17 (108.0)	30.11 (41.6)	78.17 (108.0)	30.11 (41.6)	78.17 (108.0)
		108.28MGD (149.6M m ³ /year)		108.28MGD (149.6M m ³ /year)		108.28MGD (149.6M m ³ /year)	
Produccion de Agua 1991	Manejo del Abast. de Agua (Distrito 2-7)	46.01	22.68				
	Abast. de Agua rural (Municipal)	--	4.81				
	Uso Industrial	4.26	--				
	Uso Agrícola	--	0.90				
	Sub total	50.27	28.39				
		78.66MGD (108.67M m ³ /year)					
	Abastecimiento para Managua (Distrito 2-7)	83.18		101.77		129.73	
	Abast. de Agua rural (Municipal)	--	4.81	--	5.31	--	6.01
	Uso Industrial	4.26	--	4.26	--	4.26	--
	Uso Agrícola	--	0.90	--	0.90	--	0.90
	Sub total	93.16 MGD (128.70M m ³ /year)		112.24 MGD (155.0M m ³ /year)		140.90 MGD (194.68M m ³ /year)	
Balance de la Producción-Potencial (1991)		-20.16	+49.78				
		+29.62 MGD (+40.93 M m ³ /year)					
Balance de la Demanda-Potencial		+15.13 MGD (+20.90 M ³ /year)		-3.96 MGD (-5.47 M ³ /year)		-32.62 MGD (-45.07 M ³ /year)	

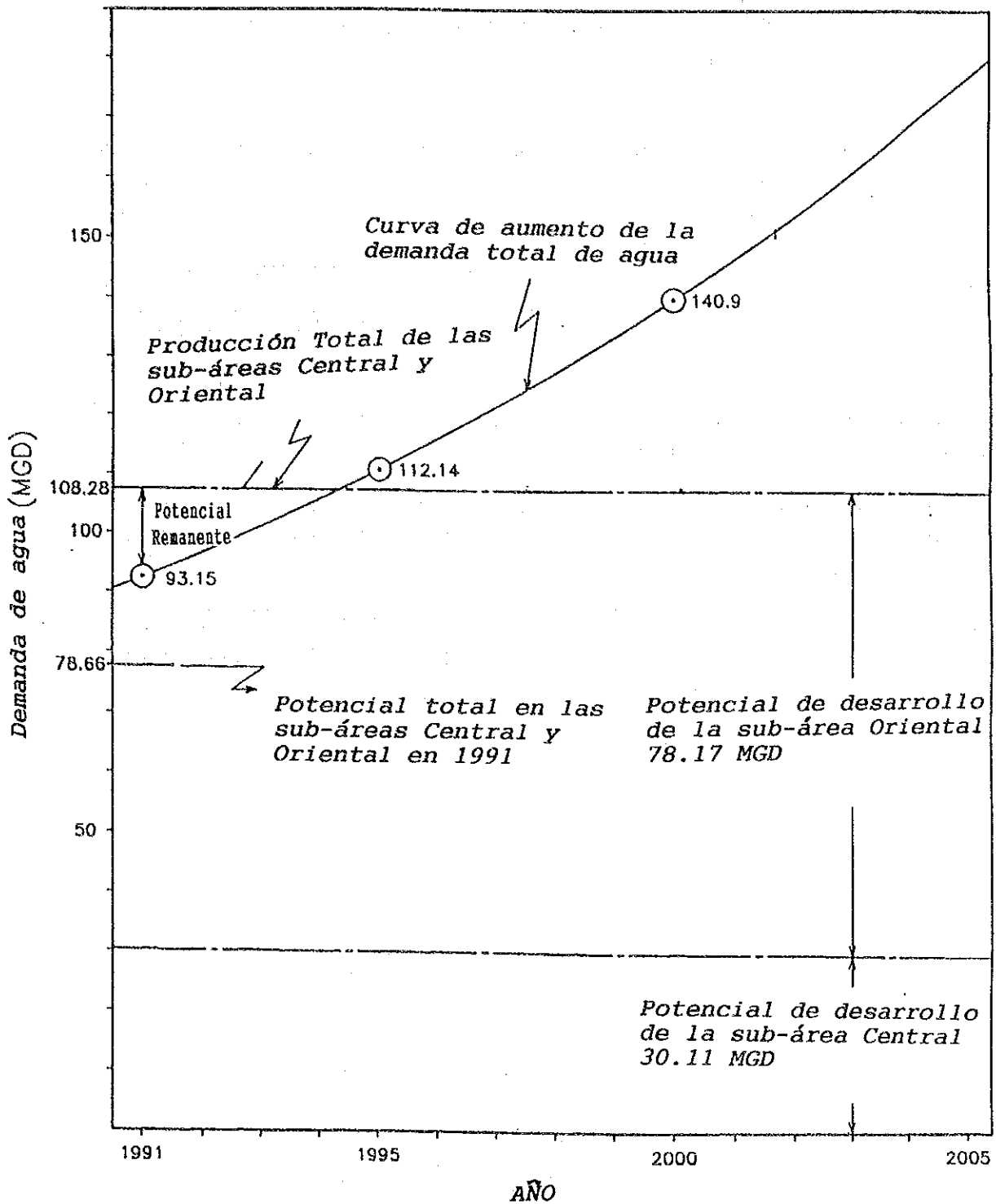


Fig. 6.4.1 Relación entre la Demanda de Agua y el Potencial de Desarrollo en las sub-áreas Central y Oriental

El Cuadro 6.4.2 y la Fig. 6.4.1 muestran el balance hídrico entre el potencial de desarrollo y la demanda incluyendo todos los usos agua potable, riego e industria.

El Cuadro 6.4.3 y la Fig. 6.4.2 muestran el balance entre el potencial de desarrollo y la demanda de agua potable.

Cuadro 6.4.3. Balance del Potencial de Agua Subterránea y de la Demanda en el sub-área Central y Oriental de Managua.

Unidad: MGD (millones m³/año)

	1991	1995	2000
Potencial de Desarrollo de Agua Subterránea para el abastecimiento de Managua	98,31 (135,83)	97,81 (135,14)	97,11 (135,17)
Demanda de Agua en Managua (Distrito 2-7)	83,18 (114,93)	101,77 (140,61)	129,73 (179,24)
Balace de la Demanda- Potencial	15,13 (20,90)	-3,96 (-5,47)	-32,62 (-45,07)

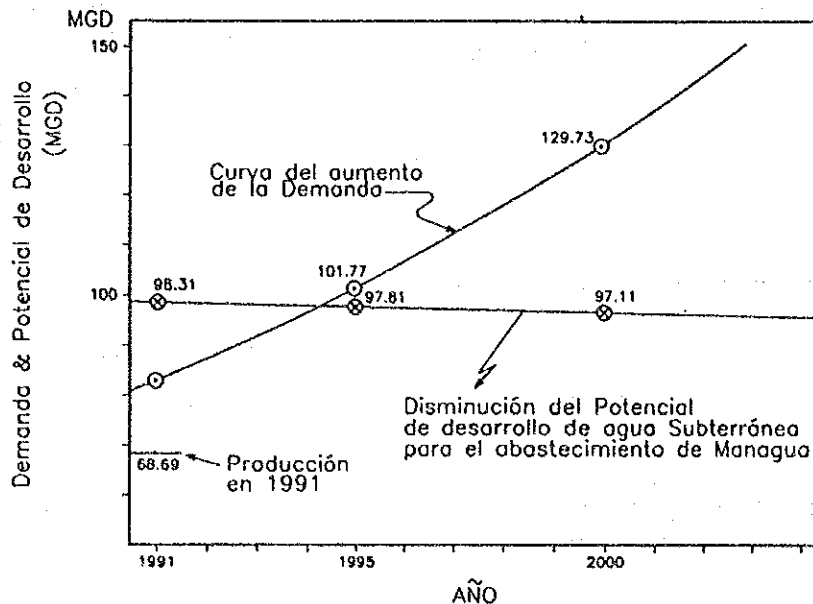


Fig. 6.4.2 Relación entre la Demanda y el potencial de Desarrollo para el abastecimiento de Managua

6.4.4 Desarrollo de Agua Subterránea en el sub-área Oriental

Con el propósito de alcanzar la demanda de 129,73 MGD para el año 2000, es necesario desarrollar fuentes adicionales fuera del Area de Estudio después del desarrollo completo en el sub-área Oriental cuyo potencial se limita a la cantidad de 108,28 MGD de los cuales el volumen destinado para el abastecimiento de la ciudad de Managua es 97,11 MGD. (11,17 MGD es para abastecer la demanda rural, industrial y agrícola).

El potencial de desarrollo del sub-área occidental asciende hasta 78,17 MGD, de los cuales 71,26 MGD pueden usarse para el abastecimiento de la ciudad de Managua.

El desarrollo del agua subterránea en el sub-área Oriental se logrará en las siguientes dos fases:

Fase I

Se ha planificado un plan de abastecimiento urgente para resolver los problemas actuales como la suspensión periódica del servicio en todo el área servida y en especial el escaso abastecimiento para la zona alta. Para el año 1996 se espera desarrollar la cantidad de 18,74 MGD.

Fase II

Se ha planificado desarrollar todo el potencial disponible en el sub-área oriental (29,84 MGD fuera de 71,26 MGD) con el objetivo de alcanzar la demanda del año 2000 lo más que se pueda. Si se desarrolla todo el potencial disponible en el sub-área Oriental 29,84 MGD la producción total de las sub-áreas Central y Oriental sería de 117,27 MGD, pero esta cantidad sería 12,46 MGD menor que la demanda (129,73 MGD) para el año 2000. No obstante el uso de la fuente de suministro desarrollada en el sub-área Oriental dependerá de como se trate el problema de sobre extracción en el sub-área Central. Por tanto, el plan de desarrollo se seleccionará por medio de las siguientes tres alternativas en relación con la sobre extracción en el sub-área Central.

Alternativa 1

Para el año 2000 el problema de sobre extracción se eliminará, lo que significa que el volumen extraído del sub-área Central se reemplazará con el desarrollo del sub-área Oriental hasta el equivalente de 20,16 MGD. En este caso, se contará solamente con 9,68 MGD para suministro adicional y con el suplemento de la fuente de agua a desarrollarse fuera del Area de Estudio con el objetivo de alcanzar la demanda para el año 2000, la cual asciende a 32,62 MGD.

Alternativa 2

Aproximadamente la mitad del volumen de agua sobre extraído (10,16 MGD de 20,16 MGD) será sustituido con el desarrollo de la sub-área Oriental y como resultado se contará con una cantidad de 19,68 MGD que podrá usarse como fuente adicional de suministro. En este caso la cantidad adicional requerida fuera del Area de Estudio ascenderá a 32,62 MGD, de los cuales 10 MGD se usarán para reponer el volumen sobre extraído.

Alternativa 3

El problema de la sobre extracción en el sub-área Central se tratará después del año 2000, lo que significa que toda el potencial a desarrollarse en el sub-área Oriental (29,84 MGD) se usará para el suministro adicional, y la cantidad de 20,16 MGD de 32,62 MGD desarrollado fuera del Area de Estudio será usada para reponer el volumen de agua sobre extraído.

En este plan de desarrollo la alternativa 3 se seleccionará desde el punto de vista que la implementación del plan de abastecimiento tendrá más prioridad que la mitigación del problema de sobre extracción.

6.4.5 Mitigación de la sobre extracción en el sub-área Central

La sobre extracción en el sub-área Central debe contrarrestarse tarde o temprano para prevenir intrusión del agua contaminada del lago de Managua por el flujo de agua subterránea inverso. Sin embargo, debido a que algunos factores de seguridad incluidos en el análisis del balance hídrico no cuentan en la recarga por las pérdidas en las tuberías de distribución, la eliminación de la sobre extracción no es muy urgente siempre que el desarrollo del agua subterránea se mantenga en la misma cantidad (46,02 MGD) de 1991 o menor. Por tal razón el uso del agua desarrollada se ha planificado completamente como suplemento de la fuente de abastecimiento y no para reemplazar la cantidad sobre extraída en el sub-área Central.

Se necesita realizar un estudio detallado sobre la reducción de la extracción. El volumen de agua sobre extraída deberá reponerse con el abastecimiento de la fuente de suministro desarrollada fuera del Area de Estudio. El análisis de los datos del monitoreo del nivel de agua subterránea y de la precipitación serán de gran ayuda para determinar la manera y el momento de disminuir la sobre extracción.

Se sugiere el decrecimiento natural del bombeo en los pozos antiguos situados en el sub-área Central como uno de los métodos para resolver el problema. A este respecto, se recomienda que los pozos situados en el sub-área Central se excluyan del programa de rehabilitación.

6.5 Campos de Pozos Seleccionados en el Area de Estudio

Se han seleccionado los dos sitios de el sub-área Oriental que tienen buenas condiciones hidrogeológicas como los campos de pozos a ser construidos con el propósito de llevar a cabo el desarrollo efectivo del agua subterránea en el área.

Una de las áreas es en las cercanías de Sabana Grande, Veracruz y el otro es en el área entre el norte de Ticuantepe y Veracruz, como se muestra en la Fig. 6.6.3.

Cuadro 6.5.1 Características de los Campos de Pozos Seleccionados

	Sabana Grande	Norte de Ticuantepe
Geología del acuífero	Grupo Volcánico Masaya en el Grupo Medio Las Sierras	Materiales volcánicos varios en el Grupo Medio Las Sierras
Nivel de agua estático	15 - 45 m BGS	95 - 100 m BGS
Capacidad específica	600 - 1000 m ³ /day/m	Más de 1000 m ³ /day/m (Abatamiento insignificante tasa de bombeo 1500 m ³ /day)
Calidad del agua	bueno	excelente
Profundidad de perforación	150 - 200 m	200 - 250 m
Elevación del terreno	80 - 130 m	150 - 270 m
Area de Abastecimiento apropiado	Zonas bajas y altas(para el almacenamiento Las Americas 4)	Zona alta (Almacenamiento de Altamira)
Potencial para el desarrollo de abastecimiento urbano	80,000 - 120,000 m ³ /d	70,000 - 100,000 m ³ /d
	Total 184,000 m ³ /d (48.58 MGD)	

Con relación al abastecimiento urgente para las zonas elevadas, el area norte de Ticuantepe deberá ser desarrollado antes que el de Sabana grande, debido a que la conducción de agua desde el area de Tocuantepe al reservorio Km 8 es menos costosa que desde Sabana Grande, como se observa en la Figura 6.5.1.

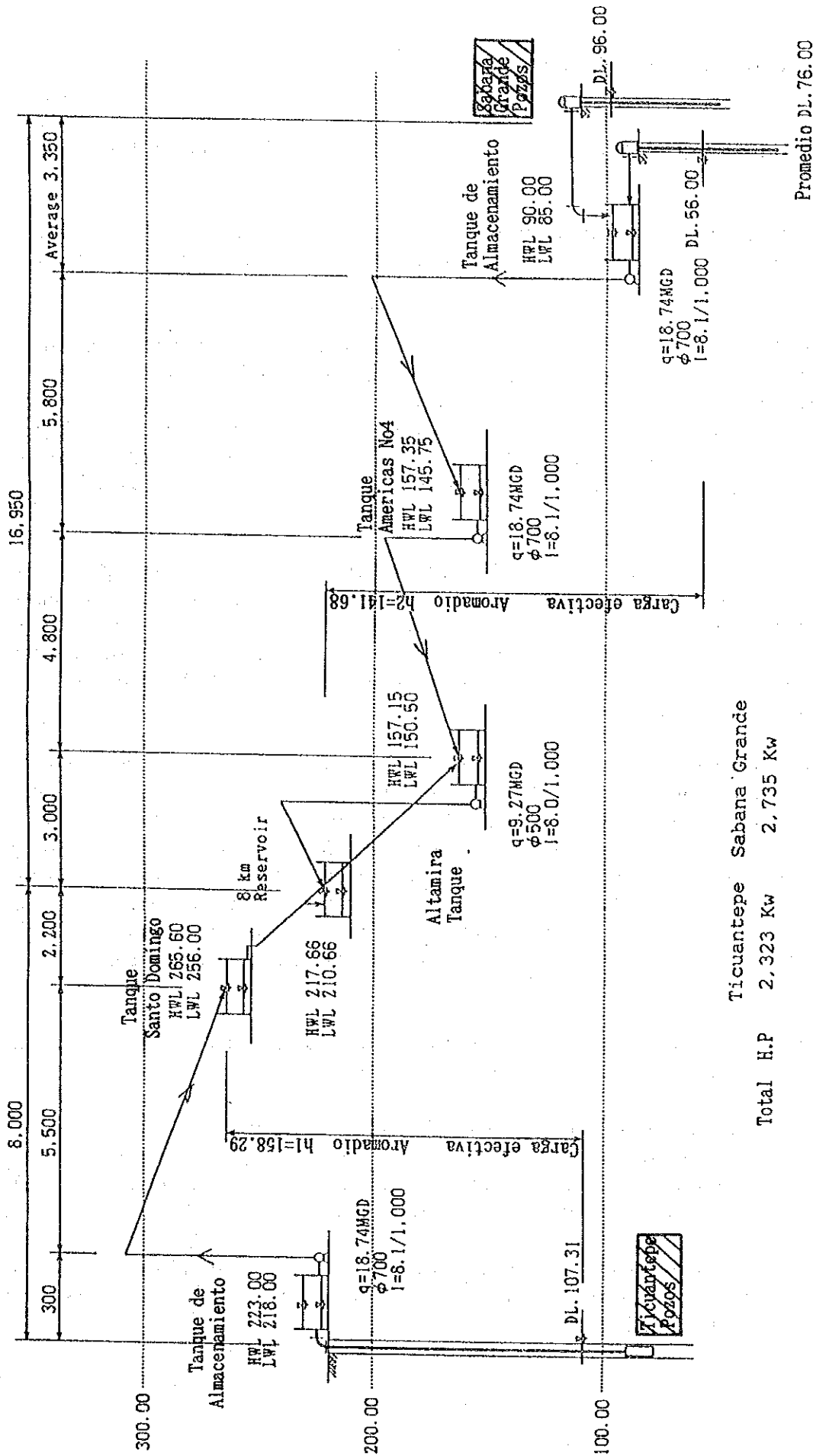


Fig. 6.5.1 Comparación de la efectividad de Costo entre Ticuantepe y Sabana Grande para la transmisión hacia el almacenamiento del km 8

6.6 Plan de Implementación

6.6.1 Esquema y Programa de Implementación del Proyecto

El Proyecto será dividido en tres fases, como se muestra en la Fig. 6.6.1, con el fin de satisfacer la demanda en el año 2000.

La Fase 1 del Proyecto está enfocada al mejoramiento urgente del nivel insuficiente en el presente abastecimiento de agua. Se buscará producir 18,74 MGD en una de las áreas promisorias en el sub-área oriental (Norte de Ticuantepe), con el fin de mitigar la inconveniencia de suspensiones periódicas de agua, y disminuir las condiciones desfavorables de suministro hacia las zonas muy elevadas.

La Fase 2 del Proyecto está enfocada a completar el desarrollo de agua subterránea en otro area promisorio del sub-área oriental (Sabana Grande-Veracruz), con el fin de realizar el potencial de desarrollo que es un máximo aproximado de 29,84 MGD, con el fin de satisfacer hasta donde sea posible la demanda de agua en el año 2000.

La cantidad faltante de agua será producida por medio del desarrollo de nuevas fuentes fuera del Area de Estudio durante la Fase 3 del Proyecto. La cantidad adicional de agua necesaria para satisfacer la demanda del año 2000 oscila entre 12,46 y 32,62 MGD, dependiendo del tratamiento del sobrebombeo en el sub-área Central. Ya que se desconoce el potencial de desarrollo del agua subterránea fuera del Area de Estudio, se debe cumplir con los puntos siguientes antes de iniciar la etapa de construcción de la Fase 3.

- (1) Estudio del potencial de desarrollo del agua subterránea en el nuevo área
- (2) Determinación de cuándo y cómo reemplazar el agua sobre bombeada del sub-área Central por el agua de las nuevas fuentes, analizando los resultados del monitoreo efectuado desde 1992

La relación entre la demanda de agua, la producción y el potencial de agua subterránea se indica esquemáticamente en las Figuras 6.6.1 y 6.6.2.

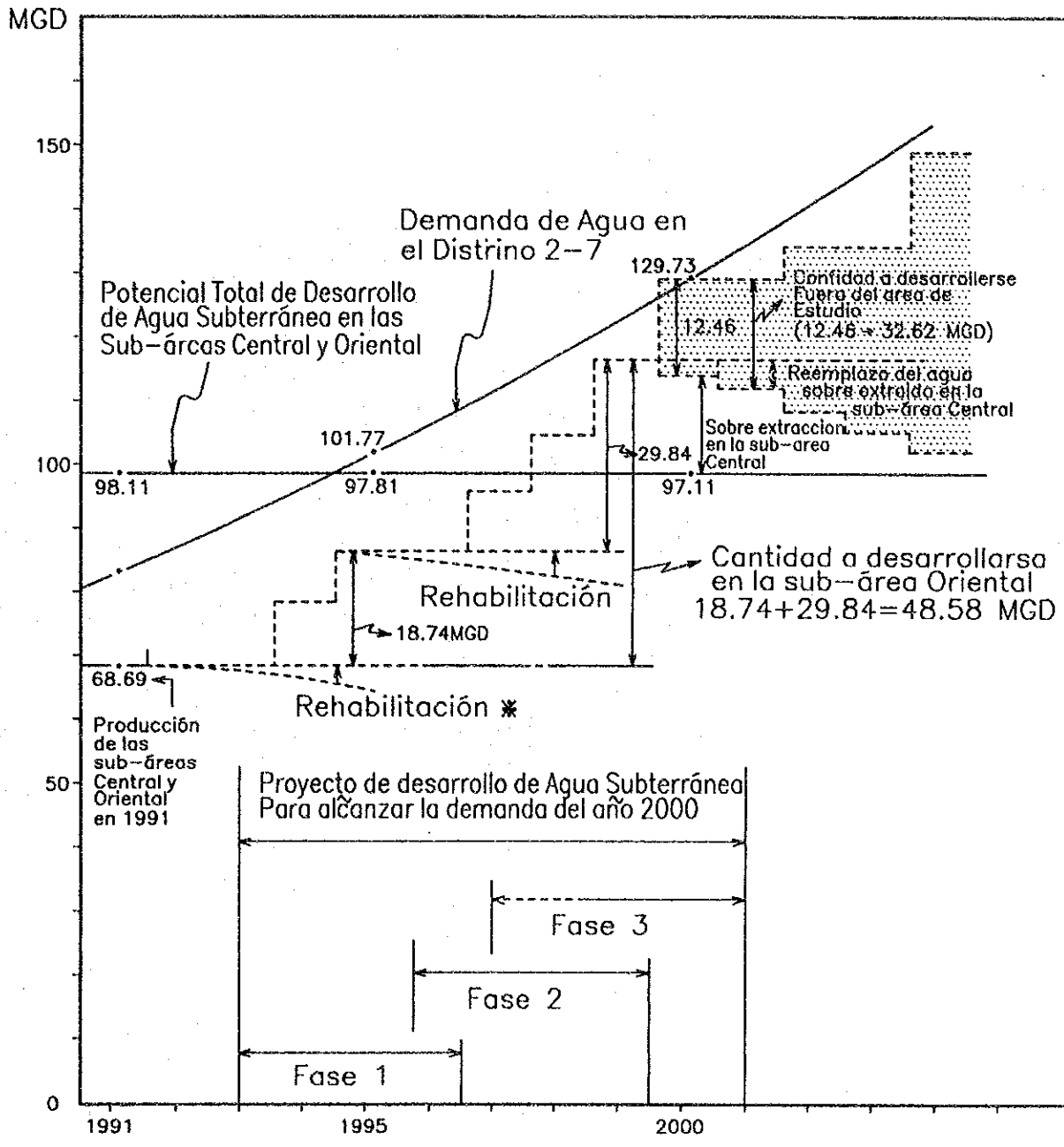


Fig. 6.6.1 Demanda y Producción de Agua en Relación a las Fases de Implementación del Proyecto

* Se recomienda la rehabilitación solamente para recuperar la capacidad de los pozos viejos, especialmente aquellos en la sub-área Central, de tal manera a no empeorar el problema de bombeo excesivo de 20.16 MGD

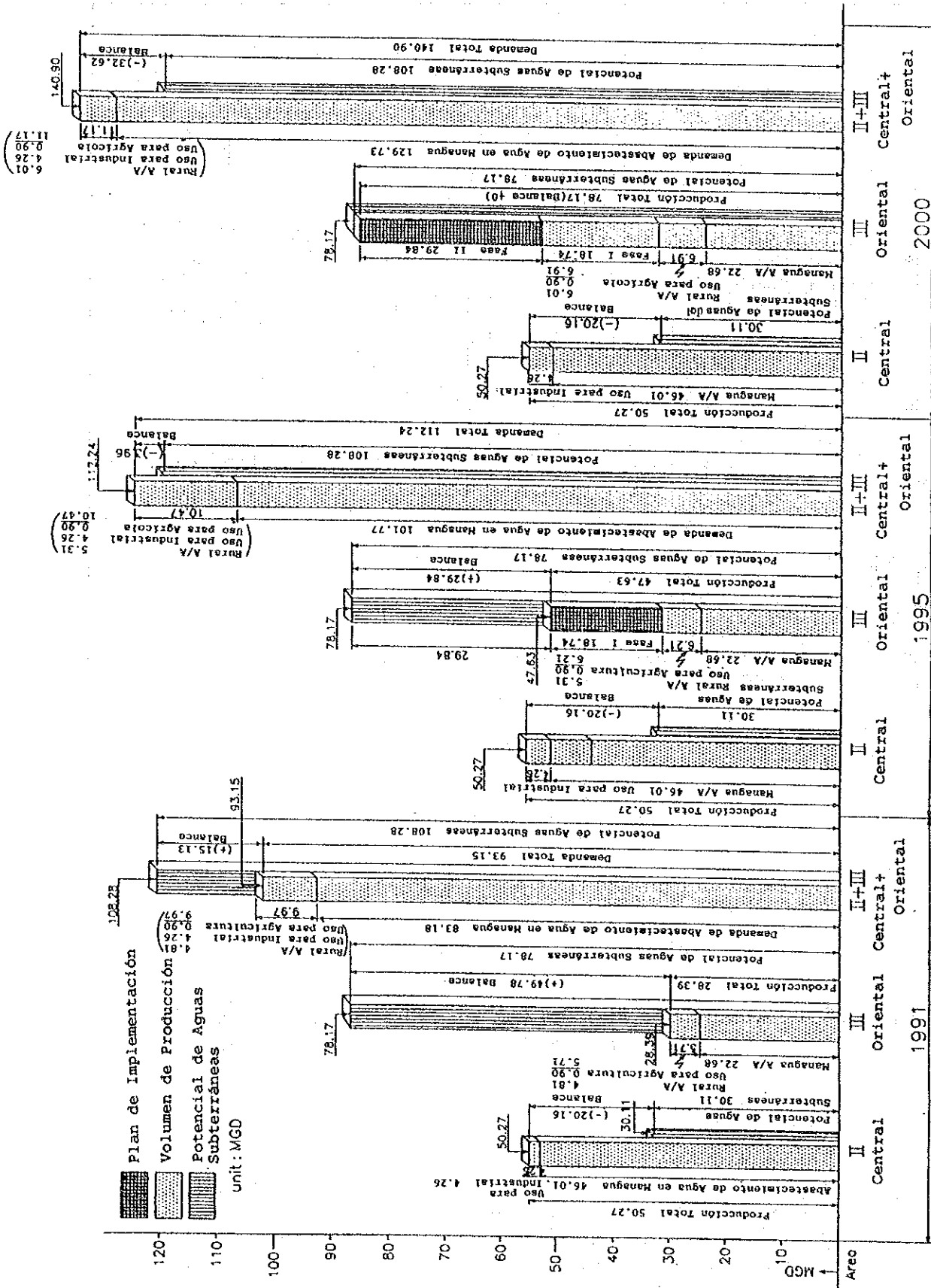


Fig. 6.6.2 Relacion entre el Potencial de Agua Subterranea, Demanda de Agua y Produccion

El Proyecto está limitado al aumento de la producción de agua por medio de la construcción de pozos, y la construcción de las instalaciones de conducción desde los pozos hasta los tanques reservorios existentes. La rehabilitación de las instalaciones de distribución de agua se encuentra fuera de la jurisdicción de este Proyecto.

Dentro de la Fase 1, uno de los principales propósitos del Proyecto es la eliminación de la condición en el suministro de agua a las zonas muy elevadas. Por lo tanto, el agua a ser producida en el Norte de Ticuantepe, que es relativamente elevada, será conducida al tanque de Altamira de donde se abastece de agua a las zonas muy elevadas.

El área a ser abastecida desde Altamira será expandida hacia el Oeste y hacia el Sur, de tal manera a cubrir parte del área actualmente abastecida por la laguna de Asososca, como se ilustra en la Fig. 6.6.5(3). Además, el aumento del caudal que llega a Altamira disminuirá las demandas ejercidas sobre los tanques de San Cristóbal y Las Américas No. 4, lo que permitiría aumentar la distribución de agua a las zonas bajas y altas. Las diferencias entre las Fig. 6.6.5(1) y 6.6.5(2) indican no solamente las variaciones en el área de servicio, sino también aumentos en la distribución de agua a todo el área de servicio, eliminando o mitigando de tal manera la suspensión periódica en el suministro de agua.

En la Fase 2 del Proyecto, el agua subterránea a ser producido en el área baja de Sabana Grande-Veracruz será conducido al tanque de Las Américas No. 4. Este aumento de caudal permitirá la expansión del área de suministro de este tanque de distribución hacia el oeste, aumentando así en forma considerable el caudal de suministro a todo el área de servicio. Estos cambios se indican en las Fig. 6.6.5(3) y 6.6.5(2).

Sin embargo, la capacidad de los tanques existentes, especialmente Las Américas No. 4, no parece ser suficiente para el caudal a ser producido por las nuevas fuentes. Es por eso que se considera necesaria la construcción de tanques adicionales en las proximidades de Las Américas No. 4, o en su defecto, la conexión directa entre los tanques de Altamira y Las Américas No.4. Estas medidas son necesarias antes o durante la implementación de la Fase 3 del Proyecto, en forma separada e independiente de este Proyecto.

Debido al déficit que se presume en la capacidad de Las

Américas No. 4, se planea para la Fase 2 del Proyecto un tanque que pueda acomodar 29,84 MGD de agua.

6.6.2 Plan de Instalaciones para las Fases 1 y 2 del Proyecto

La Fig. 6.6.4 presenta la totalidad de las instalaciones a ser construídas en las Fases 1 y 2 del Proyecto. Los detalles esquemáticos por fase son los siguientes.

(1) Plan de instalaciones para la Fase 1

Se contemplan catorce (14) pozos nuevos en el Norte de Ticuantepe, a producir 18,74 MGD de agua que serán conducidas a dos grupos de tanques a ser construídos en las colinas de Santo Domingo. Las aguas almacenadas en estos tanques serán luego conducidas por gravedad a los tanques existentes de Altamira. Antes de llegar a Altamira, la tubería de conducción puede ser ramificada para conducir el agua al tanque del Km 8, también por gravedad.

El número, la dimensión/capacidad y las especificaciones de diseño de cada instalación son los siguientes.

a) Pozos

- Diámetro de revestimiento: 12 pulgadas o más
- Profundidad de perforación: 200-250m (nivel dinámico de agua 100-110m)
- Descarga de bombeo: 3,79 m³/min con carga total de 117 m
- Tipo de bomba: bomba sumergible a motor
- Número de pozos: 14
- Ubicación: Pozos agrupados dentro de 1 km²

b) Tanques de almacenaje en las proximidades de pozos

- Material: Concreto
- Capacidad: 1.500 m³ (tiempo de retención de media hora)
- Nivel de la tierra: 217 m sobre el nivel del mar
- Número: 2

c) Estación de bombeo con clorador y control de electricidad

- Bomba de transmisión: 12,5 m³/min. con carga total de 82 m
- Número de bombas: 5 (una como reserva)
- Clorador: 1
- Caseta de bombeo con tablero de control de electricidad: 1

d) Tanque en Santo Domingo

- Material: Concreto pre-tensado o concreto reforzado de hierro
- Capacidad: 11.000 m³ cada tanque o 7,5 horas de tiempo de retención
- Número de tanques: 2
- Nivel de la tierra: 255 m sobre el nivel del mar

e) Tubería de transmisión

- De pozo a tanque de almacenaje: 300 mm
L=1300 m
- De estación de bombeo a tanque reservorio: 700 mm
L=5500 m
- De Santo Domingo a Altamira: 500-600 mm
L=5200 m
- Material: acero, y hierro dúctil con revestimiento de cemento

(2) Plan de instalaciones para la Fase 2

La nueva fuente de agua para abastecimiento será desarrollada en el otro área promisorio de Sabana Grande-Veracruz en la sub-área oriental con el fin de producir 29.84 MGD por medio de la construcción de 19 pozos. El agua a ser producida será conducida al tanque de Las Américas No. 4.

Las instalaciones son las siguientes:

a) Pozos

- Diámetro de revestimiento: 12 pulgadas o más
- Profundidad de perforación: 150-200 m (nivel dinámico de agua 20-60m debajo de la superficie de

- la tierra)
 - Descarga de bombeo: 4,1 m³/min con carga total de 45m
 - Tipo de bomba: vertical a turbina
 - Número de pozos: 19
 - Ubicación: en cuadrícula con espaciamiento de 500m o más
- b) Tanque de reserva
- Material: Concreto pre-tensado o concreto reforzado de hierro
 - Capacidad: 15.000 m³
 - Número de tanques: 2
 - Nivel de la tierra: 84 m sobre el nivel del mar
- c) Estación de bombeo con clorador y control de electricidad
- Bomba de transmisión: 19,6 m³/min. con carga total de 90 m
 - Número de bombas: 5
 - Clorador: 1
 - Caseta de bombeo con tablero de control de electricidad: 1
- d) Tubería de transmisión
- De pozo a tanque Las Américas:
 - 300-800 mm; L=12.900 m
 - 1000 mm; L=5.800 m

6.6.3 Plan de Instalaciones para la Fase 3 del Proyecto

Se necesita producir de 12,46 a 32,62 MGD de agua fuera del Area de Estudio, probablemente más hacia el Este. El caudal mínimo para satisfacer la demanda de agua del año 2000 es de 12,46 MGD, pero además se necesitan hasta 20,16 MGD de las nuevas fuentes para substituir el caudal que actualmente se sobrebomba en el sub-area Central.

El potencial de desarrollo del agua subterránea al este del Area de Estudio puede no ser tan alto como en el sub-área oriental, además de ser mayor la distancia de conducción de agua

hasta Managua. Por lo tanto, el costo unitario del agua subterránea al este del área del presente estudio puede ser de 30 a 40% superior al costo de la sub-área oriental.

Los puntos arriba mencionados serán aclarados durante los estudios pertinentes a ser realizados durante la primera etapa de la Fase 3. Sin embargo, se puede estimar que las instalaciones para la Fase 3 son básicamente similares a las de la Fase 2, como se resume a continuación.

Pozos:	13-34 (Descarga de 2,3 m ³ /min por pozo)
Tanque de almacenaje:	2-4 tanques de concreto, 1500 m ³ cada tanque
Tanque reservorio:	1-2 tanques de concreto, 11000 m ³ cada tanque
Estación de bombeo:	una estación principal y una sub-estación
Tubería de transmisión:	250-1000 mm L=2000-25000 m

6.6.4 Estimación de Costos del Proyecto

1) General

Los costos estimados en este Proyecto se incluyen los siguientes:

- (1) Gastos directos de construcción
- (2) Gasto de adquisición del terreno
- (3) Gastos de servicio de consultoría y administración
- (4) Imprevistos físicos
- (5) Precio de imprevistos

Los costos fueron estimados en forma separada y diferente para cada fase del Proyecto. Para la estimación de costos de la Fase 3 existen numerosos factores desconocidos concernientes al potencial de desarrollo del agua subterránea. Por lo tanto, los costos de la Fase 3 fueron estimados simplemente en base al costo unitario de la Fase 2 en el área de Sabana Grande, asumiendo un sobre costo del 30%. Además, los costos estimados de la Fase 3 incluyen los costos para los estudios necesarios en la primera etapa de la fase.

Los costos de construcción de la Fases 1 y 2 fueron estimados en base a los siguientes puntos.

- a. Los precios utilizados son los de abril de 1993
- b. Los costos de construcción se dividen en costos a ser efectuados en moneda extranjera y moneda local. La mayoría de los costos de construcción pertenecen a la categoría de moneda extranjera. Los costos en moneda local incluyen gastos de adquisición de la tierra, costos de materiales de construcción disponibles en el mercado local y gastos en recursos humanos.
- c. Las tasas de cambio que se utilizaron son los siguientes.

1 Dólar = 6,0 Córdobas = 115 Yenes Japoneses
- d. Las contingencias físicas se estimaron como el 10% del total de la sumatoria de los componentes mencionados de (1) a (3).
- e. Los imprevistos se estimaron como 8 a 5% en el caso de gastos en moneda extranjera, y 20 a 10% en el caso de gastos en moneda local, tomando en consideración la sumatoria de los componentes mencionados de (1) a (4).

(2) Costos estimados del Proyecto

Los costos estimados de las fases 1ra y 2da del Proyecto son resumados en los cuadros 6.7 y 6.8. El costo total independiente de las fases 1 y 2 con relación al precio unitario del agua desarrollado por metro cúbico es:

Costo estimado total	Cantidad de agua a ser desarrollado	Costo del Proyecto por metro cúbico
Fase 1: C\$213.187.000	71.000 m ³ /día (18,74 MGD)	C\$ 3.003/(día/m ³)
Fase 2: C\$349.004.000	113.000 m ³ /día (29,84 MGD)	C\$ 3.088/(día/m ³)

Si asumimos que en la fase 3, el costo de desarrollo de

agua por metro cúbico será un 30% mas alto que en la fase 2, el precio unitario sería:

C\$ 4.014 día/m³ (C\$ 3.088 día/m³ x 1,3)

Como la cantidad de agua a ser desarrollado en la fase 3 del Proyecto variará entre 47.000 m³/día (12,46 MGD) y 123.000 m³/día (32,62 MGD), el costo del Proyecto para fase 3 se considerará entre C\$ 188.658.000 y C\$ 403.722.000.

Por lo tanto, el costo estimado del Proyecto de Desarrollo de agua subterránea para satisfacer la demanda de agua en el año 2000, totalizará un mínimo de C\$ 747.697.000 (sin eliminación de sobre-extracción desde el sub-área Central) y un máximo de C\$1.052.761.000 (el problema de sobre-extracción será eliminado en este Proyecto).

Los gastos del Estudio, los cuales son necesarios antes de la implementación de la fase 3, son considerados dentro del costo total del Proyecto mencionado anteriormente.

**Cuadro 6.6.1 Costo Estimado para la Fase I, II,
del Proyecto**

PROYECTO DE TICHANTEPE

Ítem	1994		1995		1997		(Unit: Cordoba)		
	Exterior	Total	Exterior	Total	Exterior	Total	Exterior	Total	
	Local	Local	Local	Local	Local	Local	Local	Local	
A. Norte de Tichantepe	-	0	9.937.000	1.617.000	29.810.000	4.852.000	29.810.000	4.852.000	34.662.000
1. Sistema de Producción de Agua	-	0	10.692.000	158.000	42.135.000	396.000	29.581.000	396.000	29.977.000
2. Sistema de Transporte	-	0	541.320	34.580	-	-	-	-	0
3. Preparación	-	1.205.400	-	1.205.400	-	-	-	-	0
4. Adquisición de Tierra	4.367.000	238.000	2.130.000	285.600	3.130.000	285.600	3.130.000	285.600	3.415.600
5. Servicio Técnico/Administración	4.367.000	1.443.400	24.306.320	3.300.680	75.076.000	5.691.600	62.501.000	5.543.600	68.034.600
Sub Total	436.700	144.340	2.430.632	330.068	7.507.600	589.160	6.250.100	589.160	5.803.460
6. Contingencias Físicas	4.803.700	1.587.740	26.736.552	3.620.748	82.582.600	6.250.760	68.751.100	6.086.960	74.838.060
Total	8%	20%	7%	15%	6%	10%	5%	10%	182.875.352
7. Ratio del Precio de Contingencias	5.187.956	1.905.288	28.608.539	4.175.360	87.538.615	6.886.836	72.188.655	6.695.656	78.884.311
Suma Total									192.523.305
									19.683.140
									213.186.546

PROYECTO DE SABANA GRANDE

Ítem	1998		1999		2000		(Unit: Cordoba)		
	Exterior	Total	Exterior	Total	Exterior	Total	Exterior	Total	
	Local	Local	Local	Local	Local	Local	Local	Local	
B. Sabana Grande	25.128.000	3.566.000	79.141.000	10.698.000	89.839.000	89.839.000	183.410.000	24.962.000	208.372.000
1. Sistema de Producción de Agua	10.163.000	101.000	25.407.000	84.000	25.491.000	35.721.500	71.140.000	303.000	71.443.000
2. Sistema de Transporte	388.000	44.000	-	-	-	0	388.000	44.000	432.000
3. Preparación	-	2.324.700	2.324.700	2.324.700	2.324.700	2.324.700	-	4.649.000	4.649.000
4. Adquisición de Tierra	3.130.000	285.600	3.130.000	285.600	3.415.600	3.415.600	9.390.000	856.800	10.246.800
5. Servicio Técnico/Administración	38.809.000	6.321.300	107.678.000	13.392.300	121.070.300	128.976.100	264.328.000	30.814.800	295.142.800
Sub Total	3.880.900	632.130	10.767.800	1.339.230	12.107.030	11.784.100	26.492.800	3.081.480	29.514.280
6. Contingencias Físicas	42.689.900	6.953.430	118.445.800	14.731.530	133.177.330	129.625.100	290.760.800	33.933.570	324.694.370
Total	8%	20%	7%	15%	6%	10%			
7. Ratio del Precio de Contingencias	46.105.092	8.344.116	54.449.208	126.737.006	16.941.260	137.402.606	13.473.471	150.876.077	310.244.704
Grand Total									38.758.847
									349.003.551

Cuadro 6.6.2 Costo de Construcción para la Fase I del Proyecto

Norte de Ticuantepe		(Unidad: 1000x Cordoba)		
Item		Extranjero	Local	Total
1. Sistema de Producción de Agua				
(1) Preforación de Pozo Tubería de revestimiento, Tubería Colador, Transporte, Pruebas de Bombeo etc.	14 Nos.	11.408	520	11.928
(2) Instalación de la Bomba/Motor accesorios, Cable etc. Panel de Control	14 Nos.	13.671	76	13.747
(3) Tubería de Conexión 300mm ϕ	1300 m	1.754	96	1.850
(4) Tanque de Almacenamiento 1500 m ³	2 Nos.	6.696	504	7.200
(5) Gastos de Campo		9.785	3.449	13.234
(6) Empaque & Transporte		15.377	6.566	21.943
(7) Trabajos Temporales		1.473	111	1.584
(8) Gastos Generales		9.392	0	9.392
Sub Total		69.557	11.321	80.878
2. Sistema de Transporte				
(1) Bomba/instalación válvula, tubería, grúa 3 ton, etc.	5 Nos	9.047	21	9.068
(2) Instalaciones eléctricas	1 unit	19.167	23	19.190
(3) Caseta de la Bomba 240 m ²	1 unit	900	8	908
(4) Clorinator	2 Nos	340	1	341
(5) Tubería de Conducción	10.700m	16.622	112	16.734
(6) Depósito de Agua	2 Nos.	36.319	943	37.262
Sub Total		82.395	1.108	83.503
3. Preparación				
Preparación Preparación del terreno	16.000 m ³	518	58	576
4. Adquisición de Tierra				
	70.000 m ²	0	2.410	2.410
Gran Total				167.367

Cuadro 6.6.3 Costo de Construcción para la Fase II del Proyecto

Sabana Grande		(Unidad: 1000xCordoba)		
Item	No.	Extranjero	Local	Total
1. Sistema de Producción de Agua				
(1) Perforación de Pozo Tubería de revestimiento, Tubería Colador, Transporte, Pruebas de Bombeo etc.	19 Nos.	14.073	480	14.553
(2) Instalación de la Bomba/Motor accesorios, Cable etc. Panel de Control Instalaciones de Abastecimiento elect. línea de Transmisión	19 Nos. 19.900 m	51.694	286	51.980
(3) Tubería de Conexión 300mm ϕ	19.900m	18.636	1.022	19.658
(4) Caseta de la Bomba	19 Nos.	794	42	836
(5) Tanque de Almacenamiento 15,000 m ³ limnógrafo, etc.	2 Nos.	47.798	4.021	51.819
(6) Gastos de Campo		9.785	4.046	13.831
(7) Empaque & Transporte		25.417	14.941	40.358
(8) Trabajos Temporales		1.647	124	1.771
(9) Gastos Generales		13.566	0	13.566
Sub Total		183.410	24.962	208.372
2. Sistema de Transporte				
(1) Bomba/instalación valvula, tubería, grua 3 ton, etc.	5 unit	13.029	31	13.060
(2) Instalaciones eléctricas	1 unit	34.040	41	34.081
(3) Caseta de la Bomba 495 m ²	1 unit	1.767	15	1.782
(4) Clorinador	2 set	340	1	341
(5) Tubería de Conducción	5800m	21.963	148	22.111
Sub Total		71.140	303	71.443
3. Preparación				
Preparación Preparación del terreno	12.000 m ²	388	44	432
4. Adquisición de Tierra				
	270.000 m ²		4.649	4.649
Gran Total				284.896

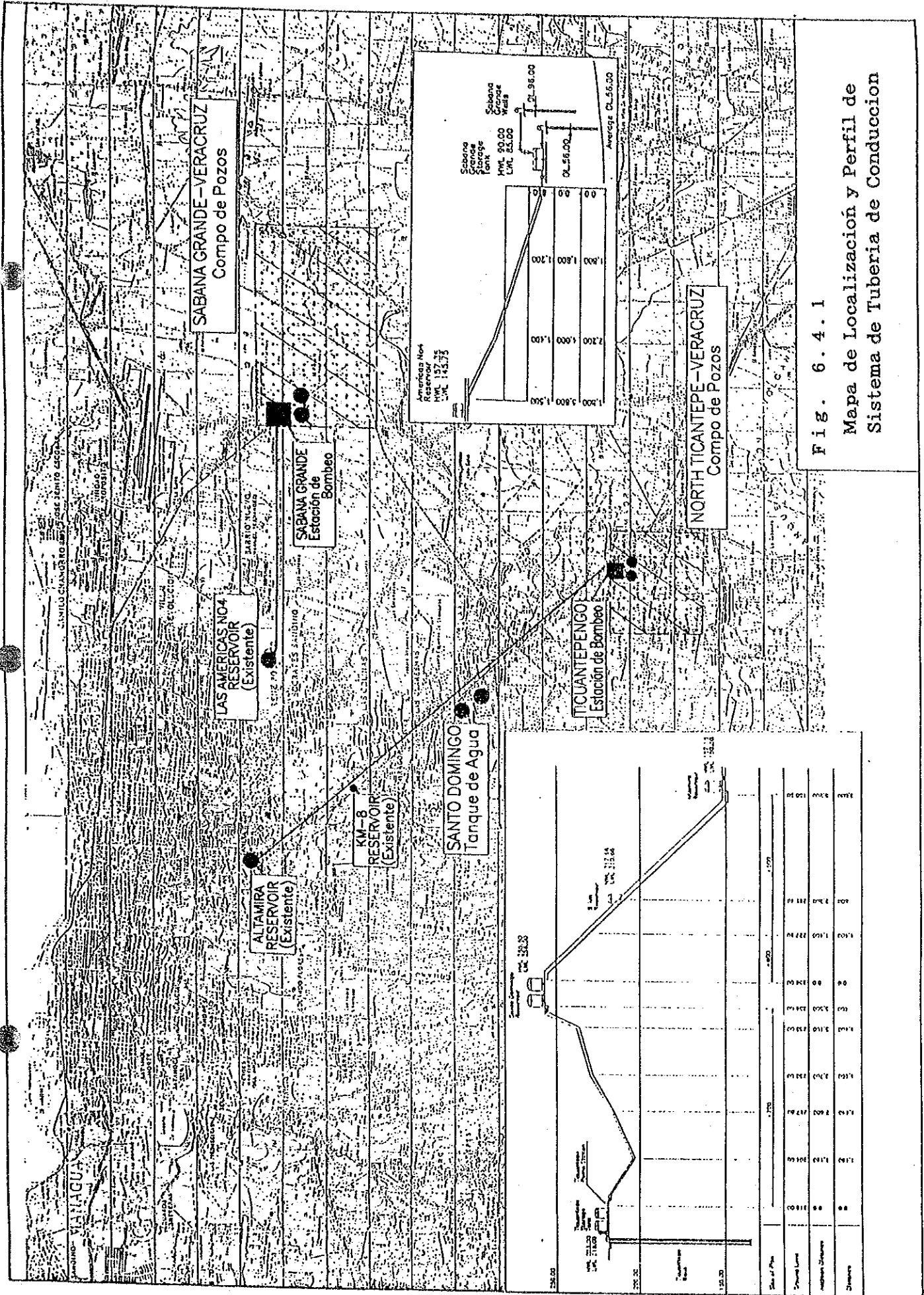


Fig. 6.4.1
 Mapa de Localización y Perfil de
 Sistema de Tubería de Conduccion

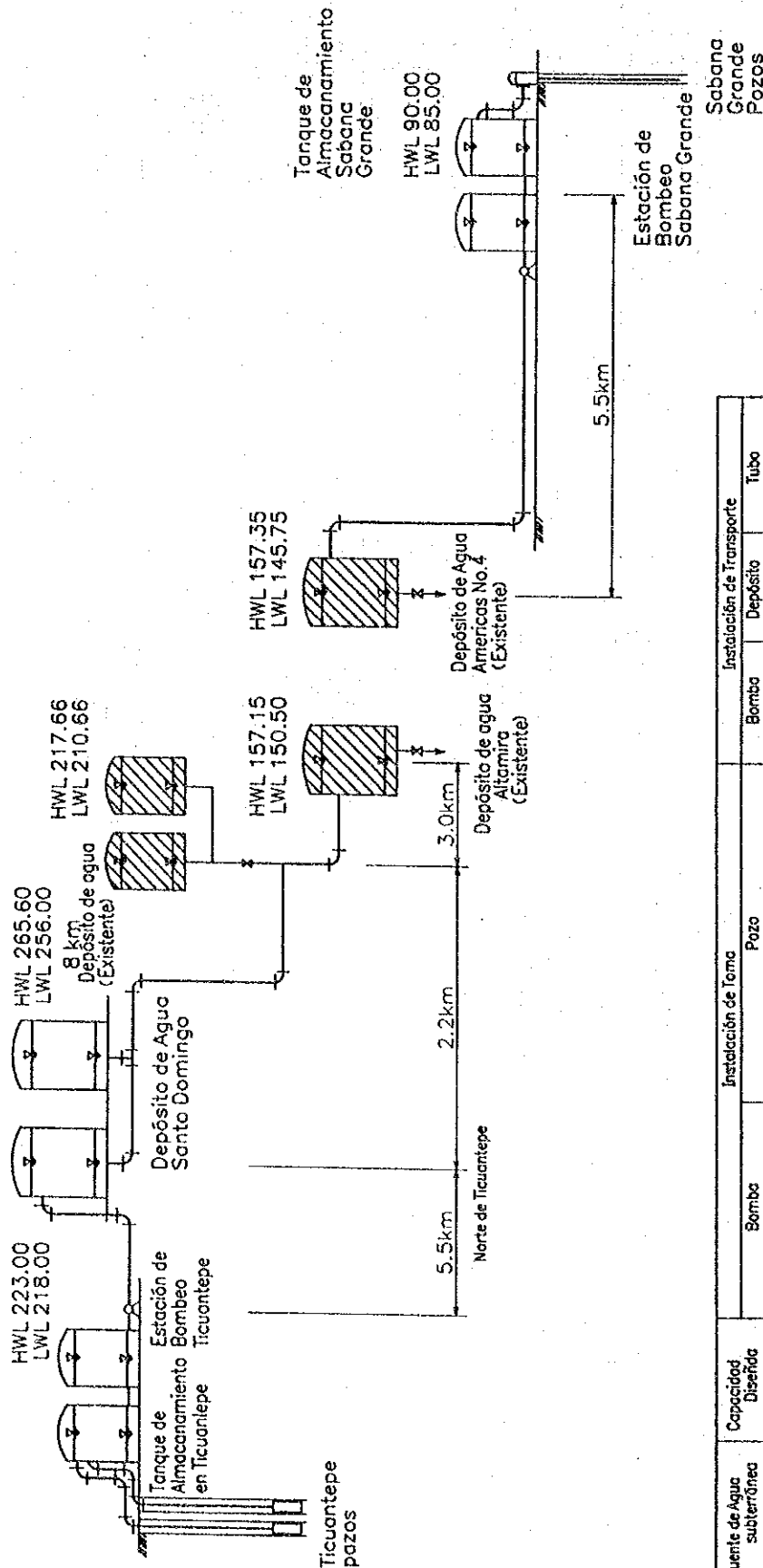


Fig. 6.6.4
Plan sobre
las Instalaciones

Fase	Fuente de Agua subterránea	Capacidad Diseñada	Instalación de Toma		Instalación de Transporte			
			Bomba	Pozo	Bomba	Depósito	Tubo	
I	Norte de Tlaxiaco	18.74	Descarga	3.7 m ³ /min	Capacidad especial 19,464 m ³ /d/m	12.5 m ³ /min x 82 m	1,500 m ³ x 2	300#
			Carga	117.0 m	(Nivel dinámico EL 107 m)	1800 rpm x 250 hp	11,000 m ³ x 2	500#
			diámetro de la Bomba	8 in	diámetro del Pozo 14" ~ 12 3/4"	Caseta de la Bomba 240 m ² x 1	700#	600#
			HP	132 hp	Arreglo de ubicación de Pozo	40 m ² x 14	total	5,500 m
			Rotación	3600 rpm	Grupo de Pozos, 250 m prof	5	total	12,000 m
			Num. de Unidad	14 unid				
II	Sabana Grande	29.84	Descarga	4.1 m ³ /min	Capacidad especial 687 m ³ /d/m	19.6 m ³ /min x 90 m	15,000 m ³ x 2	300#
			Carga	45.0 m	(Nivel dinámico EL 56-96 m)	1800 rpm x 400 hp		400#
			diámetro de la Bomba	8 in	diámetro del Pozo 14" ~ 12 3/4"	Caseta de la Bomba 490 m ² x 1	500#	450#
			HP	55 hp	arreglo de ubicación de Pozo	40 m ² x 19	600#	1,500#
			Rotación	1800 rpm	500 interval, 200 m prof	5	700#	2,000#
			Num. de Unidad	19 unid		800#	1,000#	5,800#
						total	17,700 m	

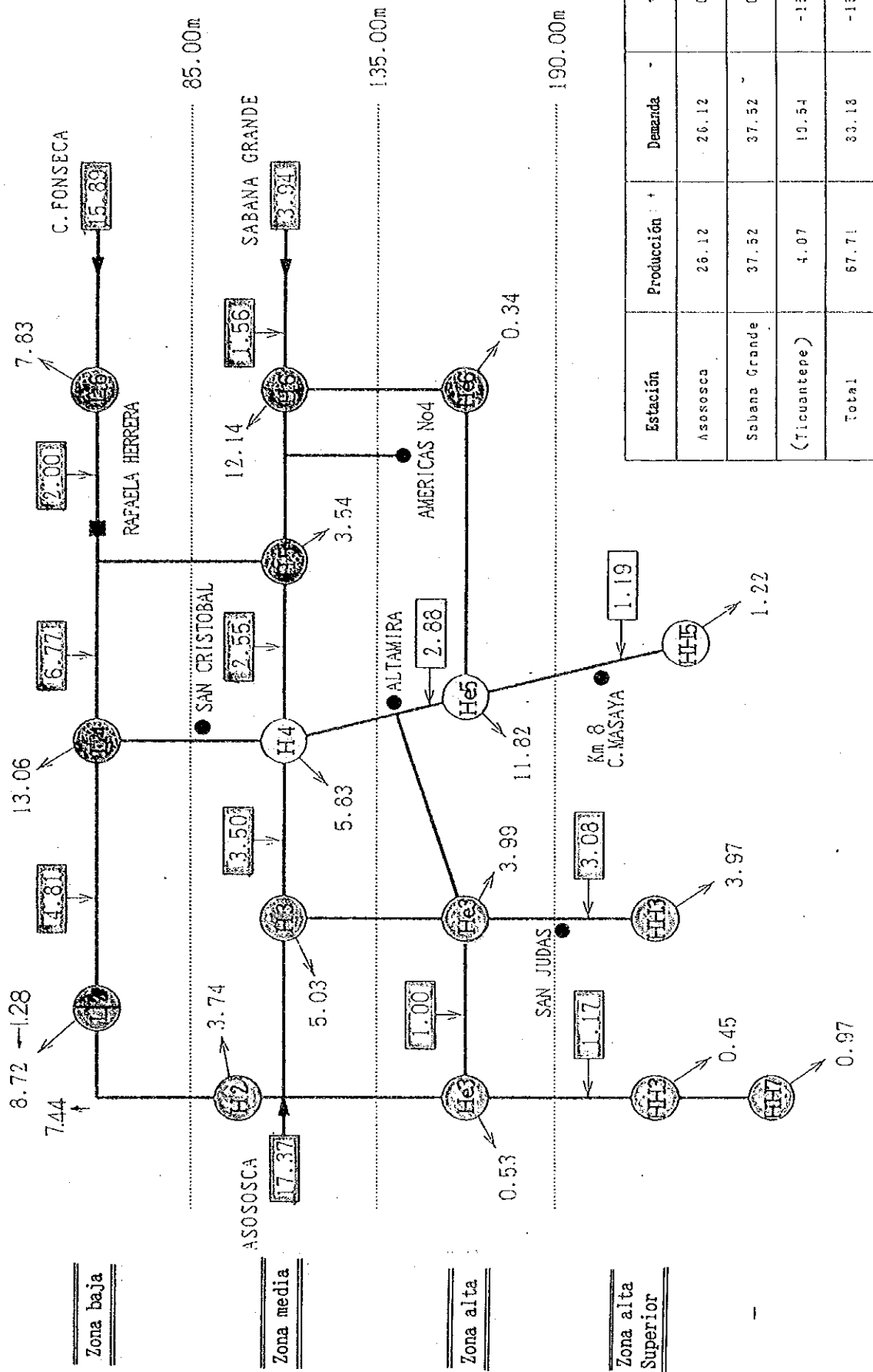
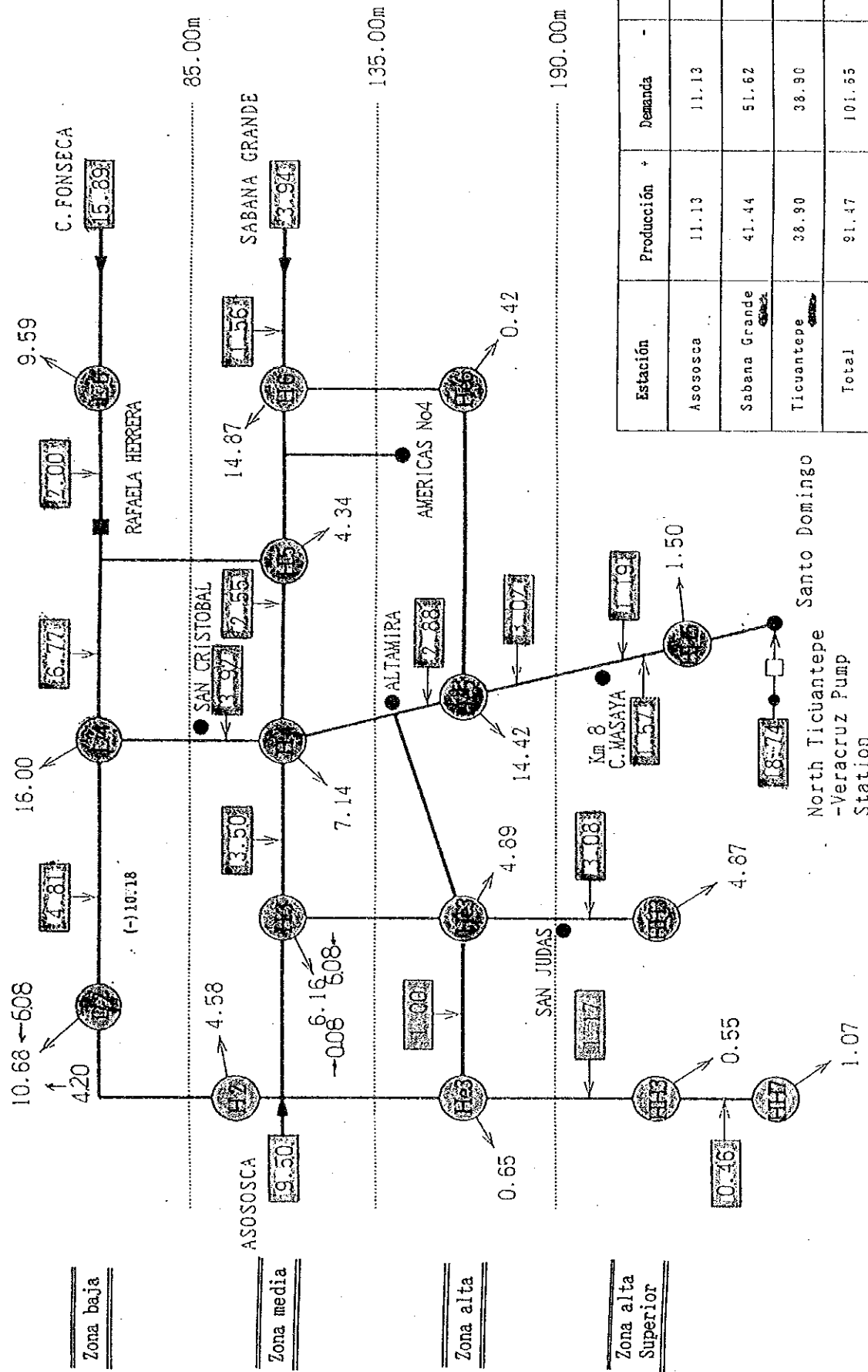


Fig. 6.6.5. (1) Sistema de Distribución General en 1991



Estación	Producción +	Demanda -	+ -
Asososca	11.13	11.13	0.00
Sabana Grande	41.44	51.62	-10.18
Ticuantepe	38.90	38.90	0.00
Total	91.47	101.65	- 10.18

Sistema de Distribución General después de la Fase I del Proyecto

Fig. 6.6.5. (2)

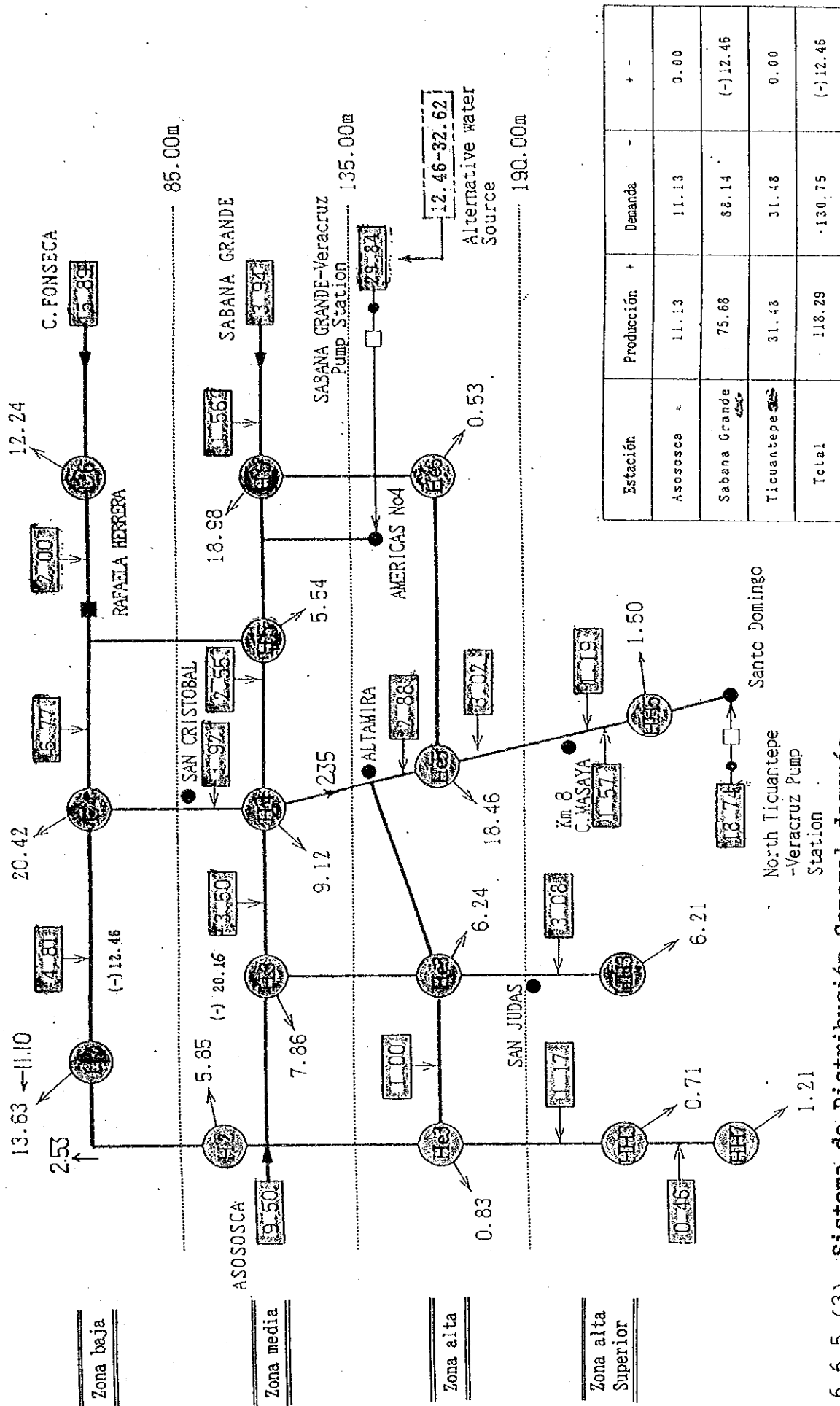


Fig. 6.6.5. (3) Sistema de Distribución General después de la Fase II del Proyecto

