

3.4.2 Programa de Rehabilitación

Como parte del programa de rehabilitación del sistema de abastecimiento de agua de la ciudad de Managua se planeó el aumento de la producción de agua en 1992 por medio del programa de rehabilitación de los pozos artesianos. El plan consiste en aumentar la producción en 9,0 MGD por medio de la rehabilitación de 11 pozos como se muestra en el Cuadro 3.5.

Sin embargo, 8 de los 11 pozos a ser rehabilitados se encuentran emplazados en el sub-área Central, que es el área donde hay sobre-extracción de agua, por tanto, no se recomienda la implementación inmediata de este programa de rehabilitación. Pero este programa podría ser implementado lentamente, si el volumen total de agua bombeado de el sub-área Oriental se pudiere mantener en 50,27 MDG (volumen de agua sobre-extraída 20,16 MGD).

Tabla 3.1. Población estimada de los datos del CSE para el año 1991

Distrito	Zona Baja		Zona Media		Zona Alta		Distrito 1		Total	
	CSE	Población	CSE	Población	CSE	Población	CSE	Población	CSE	Población
1	0	0	0	0	0	0	23.448	70.986	23.448	70.986
2	34.972	105.678	15.007	45.348	0	0	0	0	49.979	151.026
3	0	0	20.159	60.916	35.909	108.510	0	0	56.068	169.426
4	52.387	158.303	23.398	70.704	0	0	0	0	75.785	229.007
5	0	0	14.202	42.916	52.265	157.934	0	0	66.467	200.850
6	31.416	94.933	48.698	147.156	1.367	4.131	0	0	81.481	246.220
7	0	0	0	0	31.904	96.588	0	0	31.904	96.588
Total	118.775	358.914	121.464	367.040	121.445	367.163	23.448	70.986	385.132	1.164.103

CSE: Número de electores mayores de 16 años

	Zona Baja	Zona Media	Zona Alta	Zona Alta Superior	áreas con Sistema de Abastecimiento Independiente		Total
					Distrito 1	Incluida la Zona Alta y la Zona Media	
1	0	0	0	0	70.986	0	70.986
2	105.678	45.348	0	0	0	0	151.026
3	0	60.916	54.859	53.651	0	0	169.426
4	158.303	70.704	0	0	0	0	229.007
5	0	42.916	136.201	14.800	0	6.933	200.850
6	94.933	143.328	0	0	0	7.959	246.220
7	0	0	0	95.461	0	1.127	96.588
Total	358.914	363.212	191.060	163.912	70.986	16.019	1.164.103

Tabla 3.2. Producción media de cada fuente para 1991

Zona	VEH	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DEC	PROMEDIO	
Baja	7 ESTADIO	1.816	1.780	1.823	1.751	1.870	1.801	1.661	1.876	1.845	1.786	2.032	1.860	1.808	
	8 SAN ANTONIO	0.872	0.997	0.974	0.974	0.898	0.985	0.933	1.028	0.965	1.009	1.009	1.365	1.030	
	9 OLOF PALME	1.398	1.410	1.365	1.337	0.878	0.770	0.728	1.437	1.386	1.412	1.343	1.343	1.212	
	10 MERCADO ORIENTAL	1.014	1.032	1.001	1.370	1.019	0.977	1.105	1.017	1.051	1.024	1.103	1.077	1.033	
	11 TENDERI	1.335	1.387	1.367	1.340	1.358	1.441	1.446	1.419	1.210	1.325	1.519	1.518	1.339	
	12 BELLO HORIZONTE	1.594	1.478	1.581	1.507	1.506	1.178	1.630	1.370	1.270	1.370	1.540	1.238	1.418	
	13 KAFELA HERRERA	-	0.795	0.847	0.795	0.847	1.143	1.082	1.129	0.977	0.997	0.997	0.974	0.746	
	14-26 CARLOS FONSECA	16.848	16.958	16.053	16.588	15.622	15.713	15.846	14.831	14.059	15.739	15.739	16.346	17.019	
	41-42 SAN CRISTOBAL	1.064	1.022	1.052	1.066	1.016	1.076	1.075	1.063	0.878	0.847	0.769	0.769	0.971	
	77 VILLA FRATERNSIDAD	0.606	0.603	0.594	0.593	0.551	0.606	0.650	0.585	0.593	0.574	0.605	0.605	0.592	
	78 HEROES DE AYAPAL	1.556	1.379	1.567	1.567	1.597	1.658	1.518	1.658	0.927	1.602	1.656	1.656	1.408	
	82 MONSIEUR LEZCAHO	1.788	1.805	1.837	1.769	1.771	1.812	1.837	1.859	1.859	1.871	1.859	1.859	1.822	
	84 LAS BRISAS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.259	
	92 REPARTO ESPANA	-	-	-	0.144	0.141	0.178	0.178	0.178	-	-	-	-	-	0.040
	RAFELA HERRERA	-11.126	-10.885	-10.289	-10.091	-9.071	-7.370	-8.163	-8.163	-7.179	-7.459	-8.691	-8.008	-10.100	-9.036
	ASOSOSCA	5.673	4.518	4.911	4.910	5.264	7.648	8.435	8.513	8.513	9.011	8.455	8.455	9.999	6.804
	TOTAL	24.538	22.384	23.894	25.181	24.867	29.512	28.900	28.369	28.369	28.584	29.490	30.044	29.257	27.235
	Alta	27-31 SABANA GRANDE	4.423	4.730	4.308	3.966	3.062	4.505	4.539	4.688	4.519	4.307	3.502	3.785	3.944
33-35 PANCASAN		1.395	1.250	1.413	1.407	1.343	1.402	1.426	1.462	1.512	1.379	1.510	1.301	1.400	
39-40 COLONIA NICARAO		0.441	0.411	0.428	0.443	0.267	0.428	0.427	0.418	0.418	0.403	0.403	0.432	0.408	
46 VILLA LIBERTAD		0.851	0.827	0.727	0.867	0.788	0.887	0.887	0.887	0.887	0.887	0.841	0.813	0.823	
47 VILLA YEREZUELA		-	-	-	-	-	0.256	0.510	0.262	0.408	0.479	0.694	0.764	0.281	
52 HOSPITAL DEL NIÑO		0.975	0.929	0.962	0.975	0.665	-	0.214	0.929	0.929	0.931	0.919	0.762	0.692	
53 PARQUE LAS MADRES		0.801	0.748	0.792	0.785	0.730	0.799	0.799	0.789	0.789	0.754	0.757	0.770	0.760	
54 LOS GAUCHOS		-	-	-	-	0.228	0.875	0.889	0.892	0.892	0.882	0.882	0.893	0.607	
55 SHELL CARRE MASAYA		-	0.614	0.618	0.609	0.470	0.591	0.605	0.607	0.611	0.604	0.604	0.763	0.824	
56 SANDYS		0.951	0.932	1.001	1.006	0.964	1.045	1.027	1.020	1.020	1.008	1.027	1.198	1.269	
89 THE		-	0.766	0.681	0.681	-	-	0.652	1.352	1.352	1.352	1.357	1.431	1.095	
91 LAUREANO MAIRENA		6.927	6.744	7.170	7.121	6.368	7.281	-	0.588	0.588	0.400	0.519	0.418	0.625	
ASOSOSCA		11.126	10.885	10.289	10.091	9.071	7.370	8.163	8.163	7.179	7.459	8.691	8.008	10.100	
RAFELA HERRERA		-4.709	-5.158	-5.559	-4.555	-4.782	-3.848	-4.250	-3.946	-3.946	-4.144	-3.956	-3.956	-4.384	
ALTAMIRA		23.181	23.638	19.630	22.719	19.174	21.551	22.588	23.678	23.678	24.119	23.957	21.833	22.386	
TOTAL		2.193	2.277	2.239	2.205	2.066	2.198	2.114	2.048	2.048	2.238	2.251	1.932	1.830	
Alta		43-45 SAN JUDAS	1.405	0.621	0.537	1.063	1.002	1.273	1.350	1.313	1.203	1.287	1.287	1.858	1.187
		50 REPARTO SHICK	1.256	1.096	1.217	1.242	1.054	1.209	1.233	1.177	1.173	1.187	0.928	0.828	1.193
	51 MANOLO MORALES	-	-	-	-	-	0.220	0.352	0.302	0.207	0.310	0.302	0.297	0.166	
	57 KM 8 CARRET MASAYA	0.515	0.534	0.558	0.521	0.505	0.530	0.562	0.509	0.521	0.557	0.591	0.579	0.540	
	58 SAN PATRICIO KM 8	0.424	0.440	0.294	0.334	0.409	0.434	0.438	0.405	0.405	0.408	0.428	0.443	0.349	
	60 KM 14-5 CARRET SUR	0.775	0.777	0.841	0.823	0.555	0.839	0.763	0.720	0.853	0.793	0.887	0.992	0.817	
	61 KM 14.5 C V LEON	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.242	
	62 YELEZ PAIZ	0.457	0.374	0.457	0.457	0.362	0.388	0.447	0.446	0.450	0.450	0.450	0.453	0.486	
	63 BERTHA CALDERON	0.581	0.568	0.597	0.582	0.529	0.599	0.619	0.584	0.584	0.549	0.608	0.717	0.733	
	64 CAMILO ORTEGA	0.548	0.513	0.543	0.546	0.539	0.557	0.547	0.539	0.549	0.557	0.478	0.538	0.538	
	65 UNAN	-	-	-	0.440	0.000	0.059	0.736	0.849	0.849	0.841	0.405	0.827	0.809	
	66 VILLA PAHAYA	-	0.197	0.141	0.555	0.235	0.317	0.567	0.567	0.154	0.522	0.522	0.522	0.462	
	85 SIERRA MAESTRA	4.709	5.158	5.559	4.555	4.782	3.848	4.250	3.946	3.946	3.751	3.945	3.945	4.384	
	73 SAN ISID CRUZ VERDE	4.892	7.004	6.632	6.919	6.496	3.433	2.789	2.825	2.778	2.983	1.944	2.118	4.157	
	ASOSOSCA	17.746	19.559	20.195	20.242	18.632	15.800	16.757	15.918	15.918	15.339	15.167	15.341	16.322	
	TOTAL	65.475	65.681	63.719	68.118	62.673	66.933	69.355	68.566	68.042	68.614	61.068	67.965	66.854	
	Independencia:	1-3 CIUDAD SANDINO	2.762	2.217	1.670	2.381	2.320	2.373	2.169	2.280	2.037	2.451	2.223	1.950	2.243
		4-6 EDUARDO CONTRERAS	0.943	0.952	1.040	1.110	1.183	1.181	1.107	1.126	1.015	0.881	0.762	0.927	1.005
36 CENTROAMERICA		0.937	0.991	0.861	0.267	0.258	0.267	0.275	0.274	0.265	0.485	1.136	0.786	0.563	
48 COL 14 DE SEPT		0.144	0.031	-	-	-	-	-	0.694	0.694	0.703	0.512	0.410	0.240	
67 CRISTIAN PEREZ		0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050	0.037	-	-	-	-	0.032	
COMBATIENTE DESCONC		4.736	4.241	3.621	3.808	3.811	3.871	3.532	4.110	4.071	4.530	4.633	4.033	4.683	
GRAN TOTAL	70.211	69.922	67.340	71.926	66.484	70.834	72.887	72.676	72.676	72.113	73.144	71.701	71.998		

Tabla 3.3. Producción y consumo mensual de agua para la ciudad de Managua en 1991

Unidad: M³

	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
Producción de Managua	2.176.556	1.957.821	2.087.561	2.157.802	2.061.400	2.125.018	2.259.502	2.252.956	2.163.399	2.267.461	2.151.025	2.231.895
Doméstica (conex. domiciliar)	747.899	721.404	766.498	835.996	834.889	813.756	789.373	809.534	768.333	783.159	869.894	887.214
Doméstica (grifos comunales)	31.371	30.234	29.974	31.465	30.076	30.608	27.444	27.295	25.190	24.890	26.513	25.487
Consumo	109.913	118.688	110.654	111.251	111.495	111.724	108.549	107.549	107.174	105.769	106.879	101.907
Comercial	60.131	60.088	57.976	58.443	58.072	57.665	55.005	54.184	51.077	54.432	63.769	63.965
Industrial	4.541	3.475	3.420	4.351	4.667	4.546	4.414	4.884	4.935	4.850	6.015	6.435
Total	953.854	933.888	988.521	1.041.505	1.038.699	1.018.298	984.785	1.003.445	956.708	973.100	1.073.068	1.085.008
Pérdidas (agua no pagada)	1.222.702	1.023.933	1.119.040	1.116.297	1.022.702	1.106.720	1.274.717	1.249.512	1.206.691	1.294.361	1.077.957	1.146.887
% de pérdidas	56.18%	52.30%	53.61%	51.73%	49.61%	52.08%	56.42%	55.46%	55.78%	57.08%	50.11%	51.39%

Tabla 3.5. Producción de agua y tasa de consumo para 1991

Unidad: M³

	Total-año	Prom. diario	Proporc.
Producción de Managua	25.892.996	70.938	
Doméstica (conex. domiciliar)	9.627.448	26.377	80.0%
Doméstica (grifos comunales)	340.545	0.933	2.8%
Consumo	1.311.551	3.593	10.9%
Comercial	694.805	1.904	5.8%
Industrial	56.529	0.155	0.5%
Total	12.030.878	32.961	100.0%
Pérdidas (agua no pagada)	13.861.518	37.977	
% de pérdidas	53.54%	53.54%	

Tabla 3.4. Resumen de las medidas de consumo para Julio de 1992

No	Nombre del Barrio	Distrito	Zona	Número de Familia	Consumo de Agua	Tipo de Casa
1	Santo Rosa	4	Baja	4	g/p/d 41.667	I
2				6	52.543	I
3				5	54.744	I
4				13	42.365	I
5	Camilo Chamorro	6	Baja	6	43.541	I
6				8	42.030	I
7				8	11.073	H
8				3	44.444	I
9	Bolonia	2	Alta	5	190.500	F
10				6	81.379	D
11				8	38.860	I
12				4	124.458	F
13	Villa Venazuela	6	Alta	6	108.333	D
14				3	94.444	D
15				5	18.629	H
16				6	38.889	I
17	Las Colinas	5	Alta Superior	6	91.248	D
18				4	80.588	D
19				6	74.500	D
20				7	47.937	I
21	Rpto. Schic	5	Alta Superior	4	18.750	H
22				9	85.332	F
23				3	49.118	I
24				4	50.000	I
25	San Judas	3	Alta Superior	3	49.280	I
26				2	64.198	D
27				4	46.958	I
28				3	18.651	H

Tipo de Casa

Promedio

H (Pequeña) 20g/c/d Menos 16.8g/c/d (63 l/e/d)
 I (Mediana) 21g/c/d - 55 45.9g/c/d (173 l/e/d)
 D (Grande) 56g/c/d - 110 85.0g/c/d (321 l/e/d)
 F (Muy Grande) ... 110g/c/d Mas 157.5g/c/d (596 l/e/d)

Tabla 3.6. Población para los años 1991, 1995 y 2000

	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	264.844
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	384.887
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	1.789.346
																Total		2-7
																1.093.117	1.327.159	1.678.382

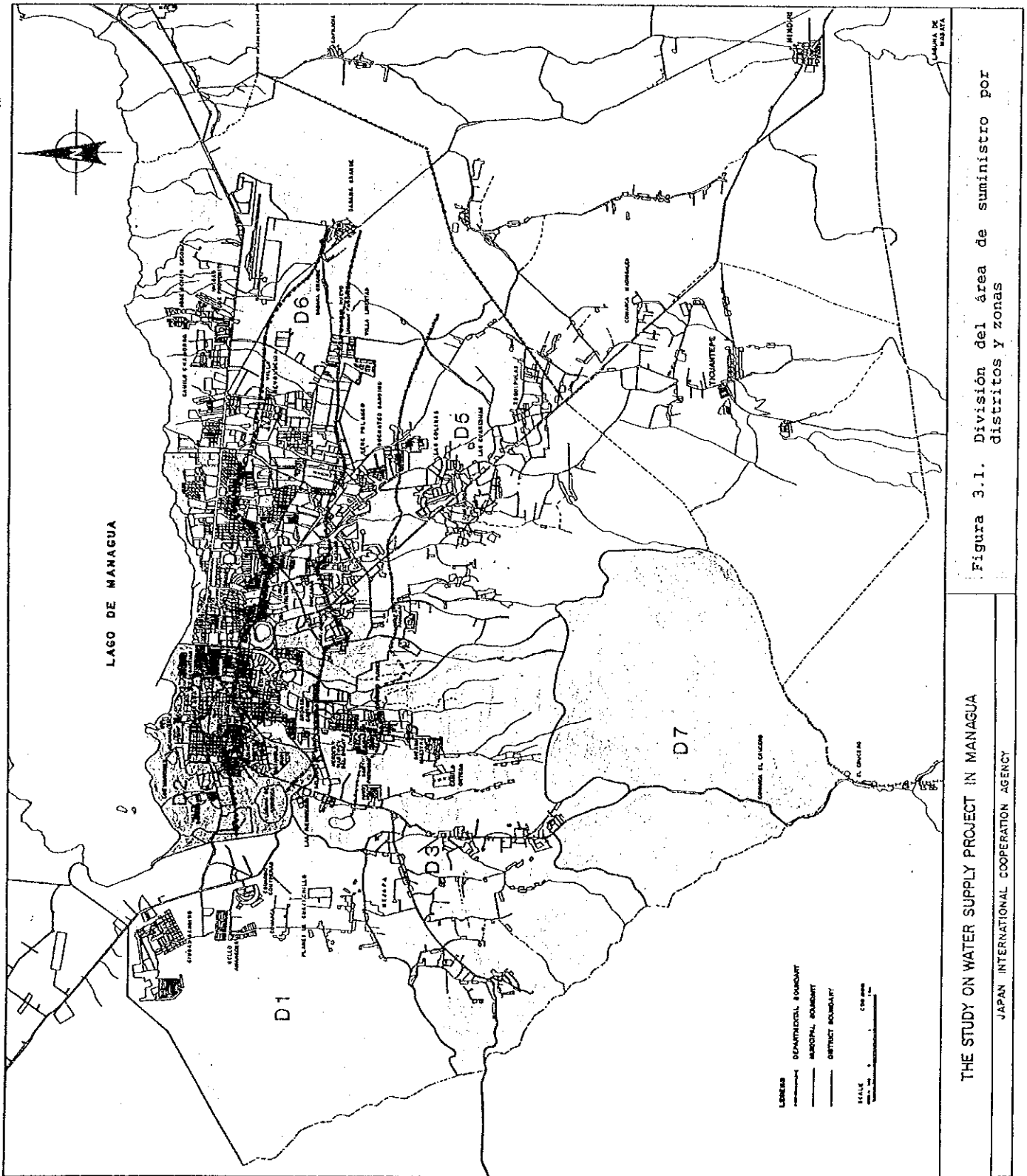
Tabla 3.7. Demanda de agua para los años 1991, 1995 y 2000

Unite:MCD

	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		2-7
																83.18	101.77	129.73

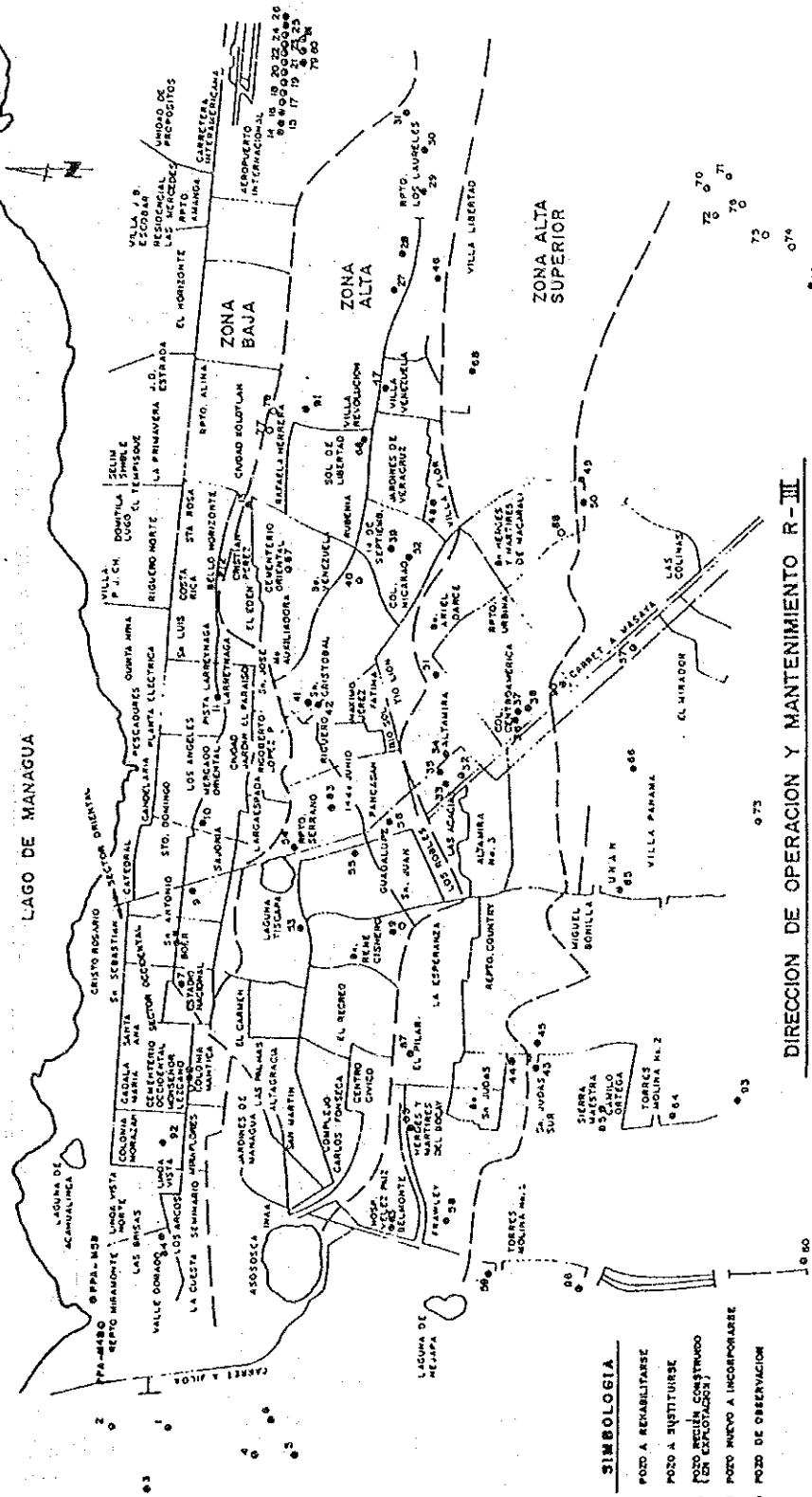
Tabla 3.8. Programa de rehabilitación de pozos para 1992

Ubicación y No : de Pozo	Zona Media			Zona Alta Superior						Distrito 1	
	40	42	96	32	36	37	57	60	73	94	95
Producción esperada con la Rehabilitación (gpm)	1.000	1.000	1.000	700	700	700	600	600	600	800	800
Producción esperada en 1991 (gpm)	280	-	-	-	-	-	110	280	-	-	-
Aumento de Producción esperado con la Rehabilitación (gpm)	720	1.000	1.000	700	700	700	490	320	600	800	800
Sub-total del aumento esperado por Zona	2.720 gpm (3.92 MGD)			3.510 gpm (5.05 MGD)						1.600 gpm (2.30 MGD)	
Total	7.830 gpm (11.275 MGD)										



INSTITUTO NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y
ALCANTARILLADOS

LAGO DE MANAGUA



SIMBOLOGIA

- POZO A REHABILITARSE
- POZO A SUSTITUIRSE
- POZO RECIBIENDO CONSTRUCCION (EN CAPACIDADES)
- POZO NUEVO A INCORPORARSE
- POZO DE OBSERVACION

DIRECCION DE OPERACION Y MANTENIMIENTO R-III

SECCION DE OPERACION DE POZOS Y ESTACIONES DE BOMBEO

- | | | | | | |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------|
| 1 CIUDAD SANDINO No. 1 | 17 CARLOS FORNECA No. 1 | 33 ALTAMIRA No. 3 | 49 VILLA GUSA POZO No. 2 | 65 UNIVERSIDAD | 81 CARLOS FORNECA No. 18 |
| 2 CIUDAD SANDINO No. 2 | 18 CARLOS FORNECA No. 2 | 34 ALTAMIRA No. 4 | 50 PEPARTO SCHICK | 66 VILLA PANAMA | 82 MONSEÑOR LEZCANO |
| 3 CIUDAD SANDINO No. 3 | 19 CARLOS FORNECA No. 3 | 35 ALTAMIRA No. 5 | 51 HOSPITAL MANOLO NOVALES | 67 COBISTIAN PEREZ | 83 PLAZA EL SOL |
| 4 EDUARDO CONTRERAS No. 1 | 20 CARLOS FORNECA No. 4 | 36 CENTRO AMERICA No. 1 | 52 HOSPITAL LA MASCOTA | 68 VILLA AUSTRIA | 84 LAS BRISAS |
| 5 EDUARDO CONTRERAS No. 2 | 21 CARLOS FORNECA No. 5 | 37 CENTRO AMERICA No. 2 | 53 PARQUE LAS MADRES | 69 KM. 14.5 C.A. MASAYA | 85 SIERRA MAESTRA |
| 6 EDUARDO CONTRERAS No. 3 | 22 CARLOS FORNECA No. 6 | 38 CENTRO AMERICA No. 3 | 54 LOS GANCOS | 70 VILLA GOTIBEL No. 2 | 86 KM. 11 C. SUR |
| 7 EL ESTADIO | 23 CARLOS FORNECA No. 7 | 39 NICARAO No. 1 | 55 GASOLINERA SHELL | 71 VILLA GOTIBEL No. 3 | 87 JULIO MARTINEZ |
| 8 SAN ANTONIO | 24 CARLOS FORNECA No. 8 | 40 NICARAO No. 2 | 56 SANDY'S | 72 VILLA GOTIBEL No. 1 | 88 REPARTO SCHICK 3 |
| 9 BANCO AMERICA | 25 CARLOS FORNECA No. 9 | 41 SAN CRISTOBAL No. 1 | 57 KM. 8 C.A. MASAYA | 73 SAN ISIDRO DE LA C. VERDE | 89 THE CENTRAL |
| 10 MERCADO ORIENTAL | 26 CARLOS FORNECA No. 10 | 42 SAN CRISTOBAL No. 2 | 58 KM. 8 C. SUR | 74 VERACRUZ No. 4 | 90 KM. 7 C.A. MASAYA |
| 11 TENERE | 27 SABANA GURANDE No. 1 | 43 SAN JUDAS No. 1 | 59 KM. 9.5 C. SUR | 75 VERACRUZ No. 5 | 91 LAURIANO MAIRENA |
| 12 CINE AMERICA | 28 SABANA GURANDE No. 2 | 44 SAN JUDAS No. 2 | 60 KM. 14.5 C. SUR | 76 VERACRUZ No. 6 | 92 REPARTO ESPAÑA |
| 13 RAFAELA BERREZA | 29 SABANA GURANDE No. 3 | 45 SAN JUDAS No. 3 | 61 KM. 14.5 C. LEON | 77 VILLA FRATERNIDAD | 93 PADRE FARRETTO |
| 14 CARLOS FORNECA No. 9 | 30 SABANA GURANDE No. 4 | 46 VILLA LIBERTAD | 62 HOSPITAL VELEZ PAIZ | 78 MARTIRES LEZCANO | |
| 15 CARLOS FORNECA No. 12 | 31 SABANA GURANDE No. 5 | 47 VILLA VENEZUELA | 63 HOSPITAL BETTINA CALDERO | 79 CARLOS FORNECA No. 16 | |
| 16 CARLOS FORNECA No. 13 | 32 ALTAMIRA No. 2 | 48 COL. 14 DE SEPTIEMBRE | 64 TORRES MOLINA | 80 CARLOS FORNECA No. 17 | |

Figura 3.2. Mapa de localización de los pozos existentes

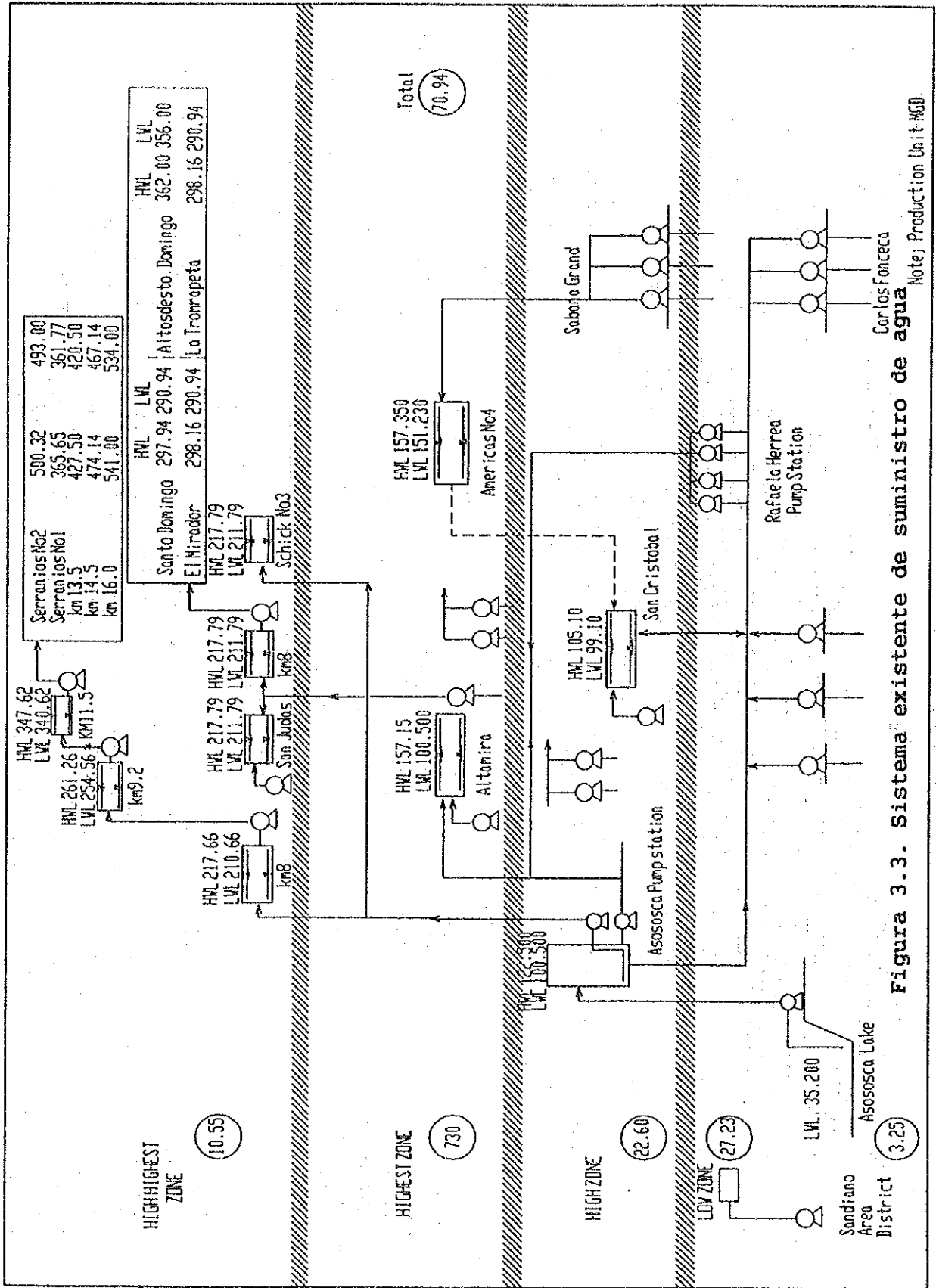


Figura 3.3. Sistema existente de suministro de agua
 Note; Production Unit M3D.

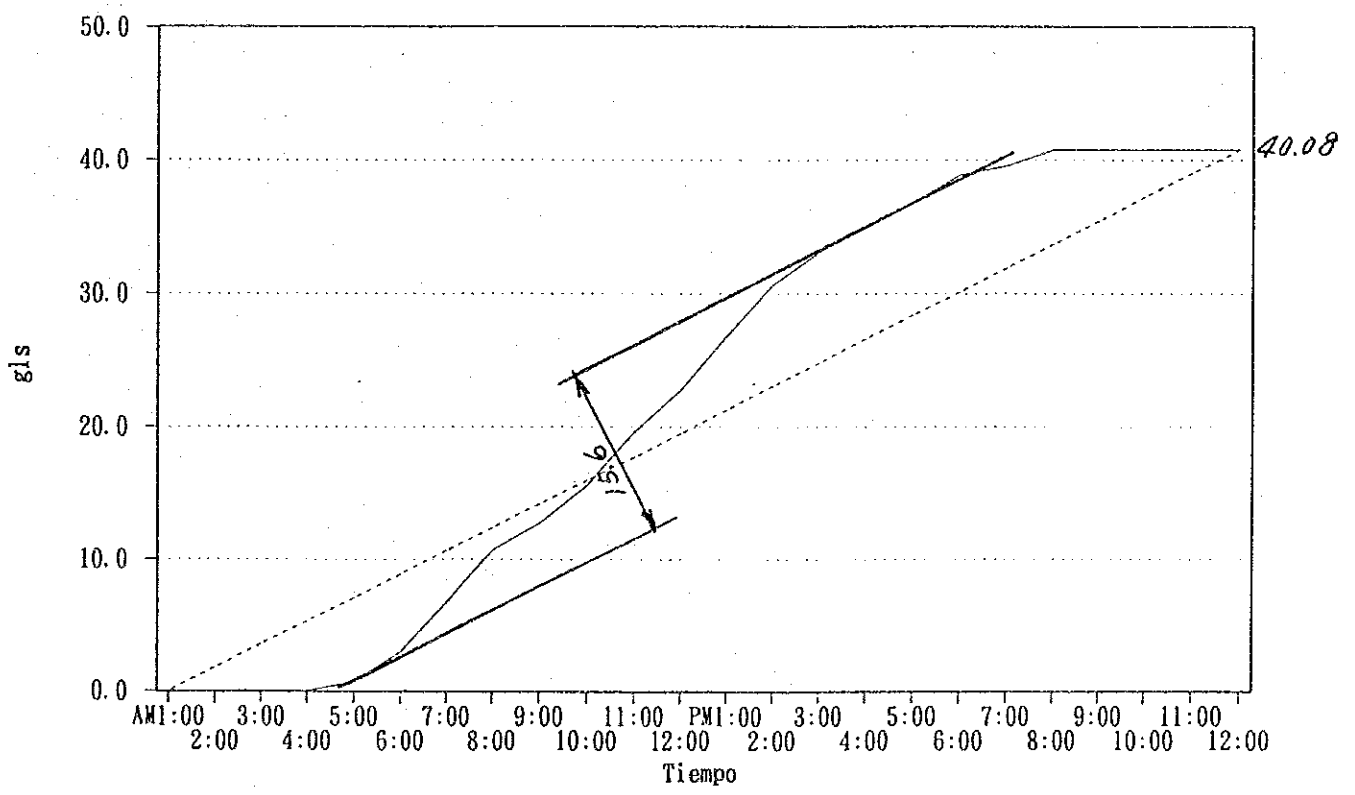
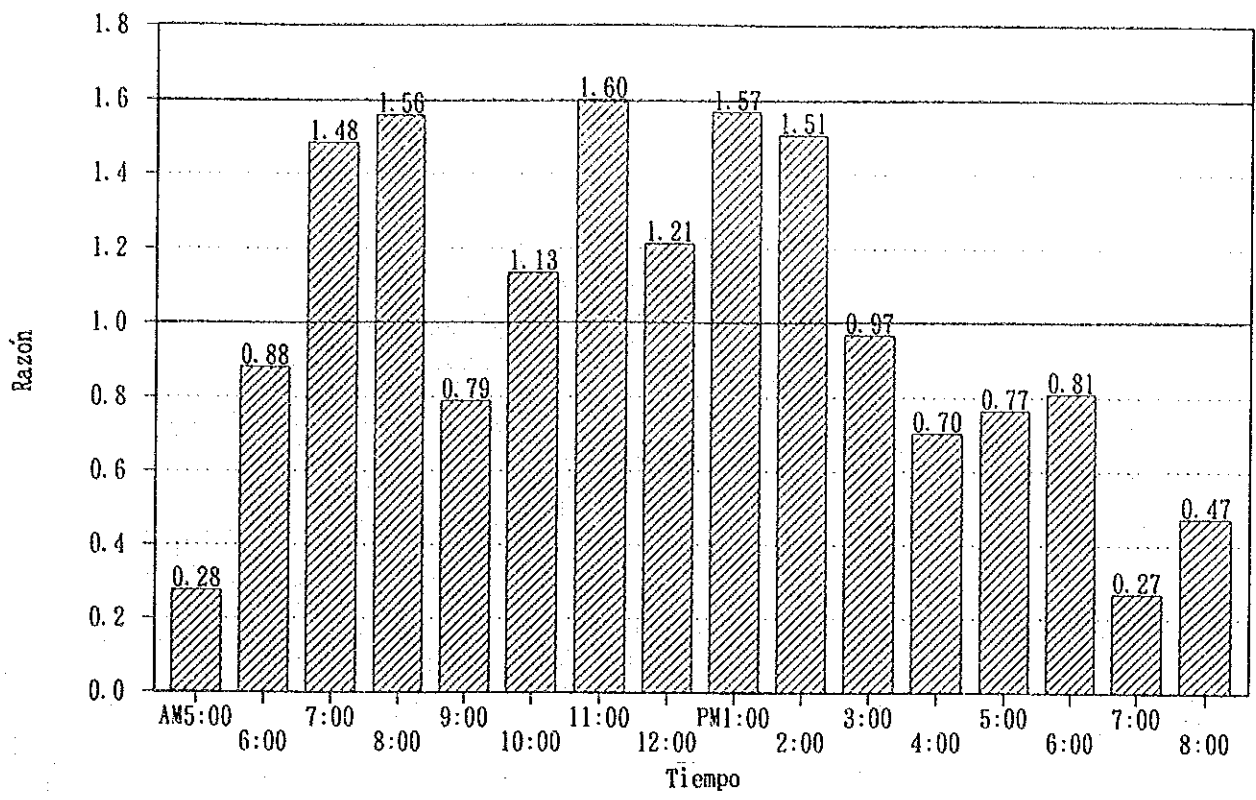


Figura 3.4. Media del uso de agua por hora (se tomaron como muestra cuatro casas de cada uno de los siete distritos en Julio de 1992)

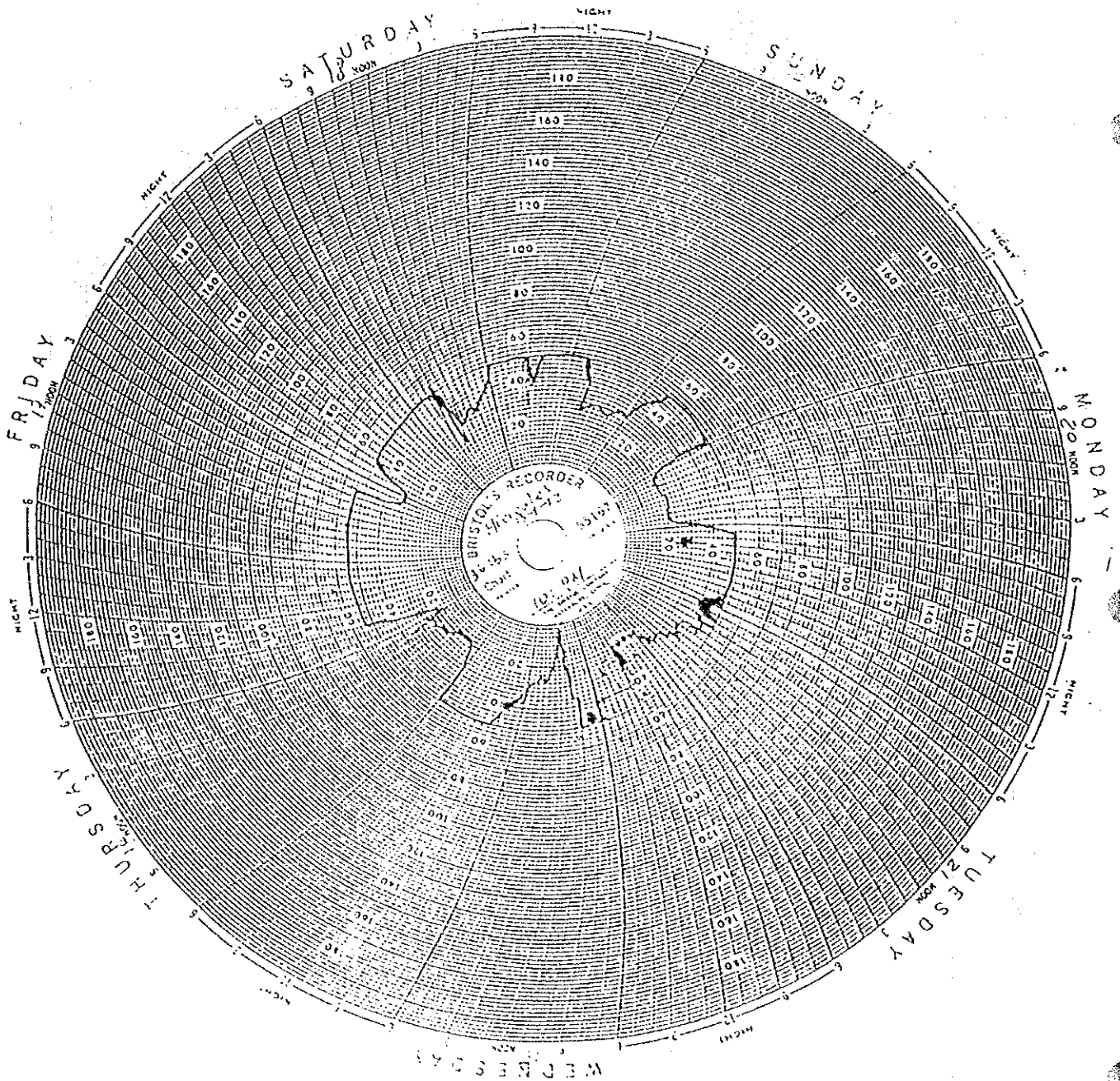


Fig.3.5 Medición Semanal de Presión en la Estación de Bombeo San Antonio

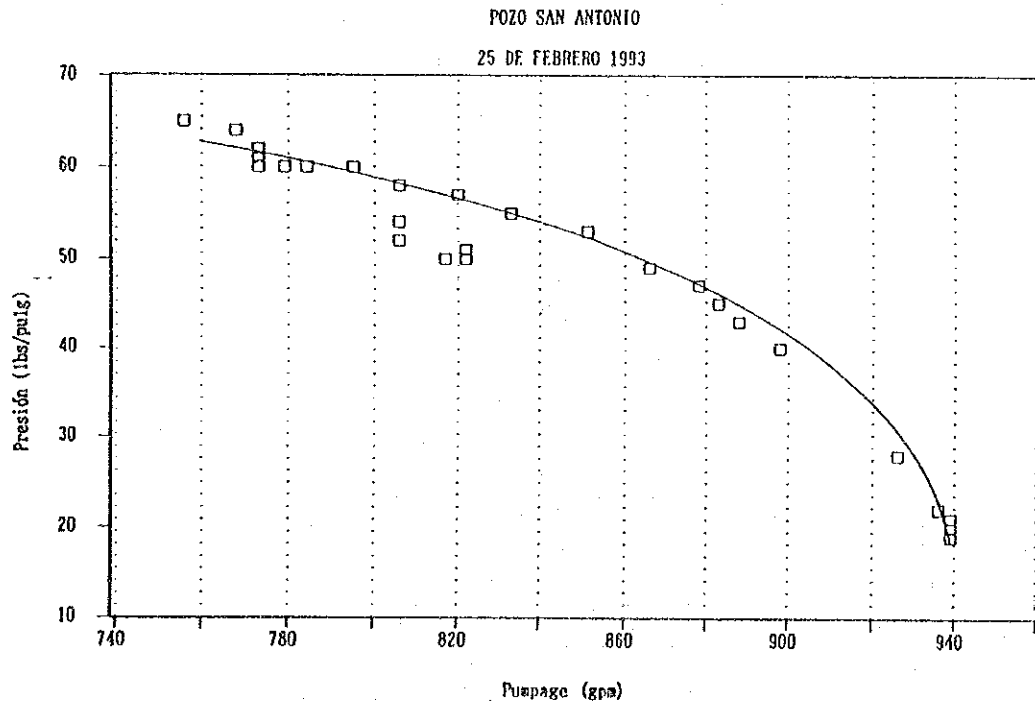
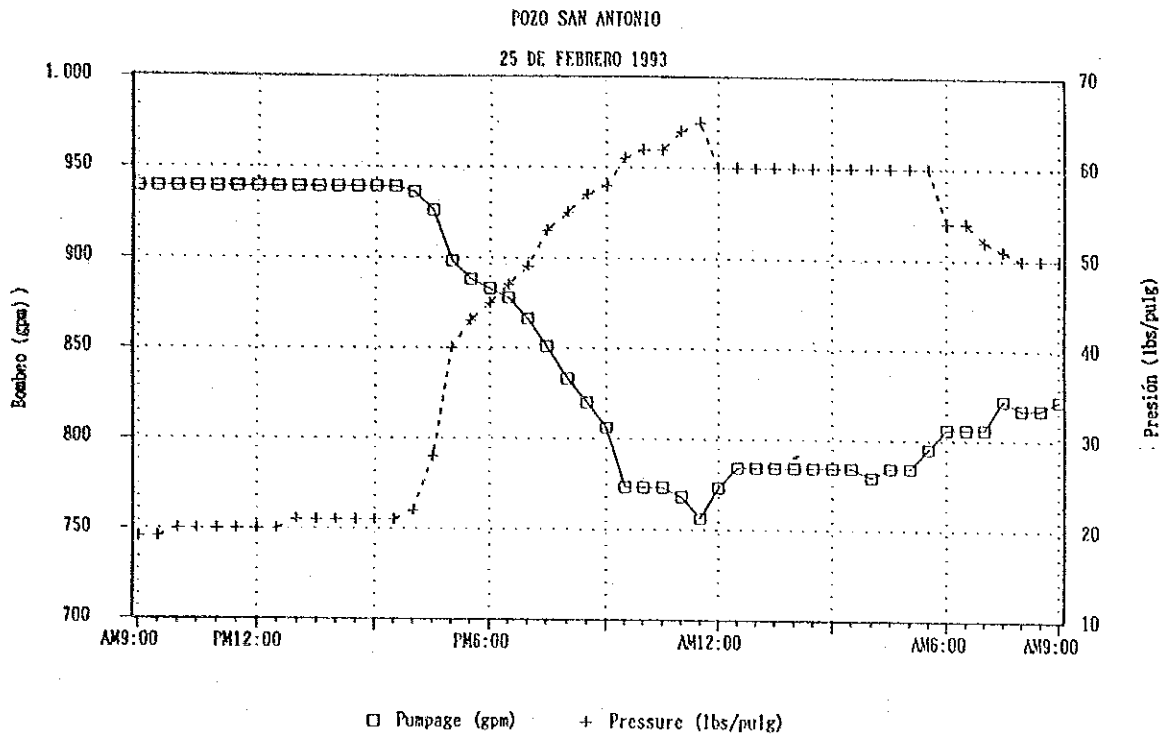
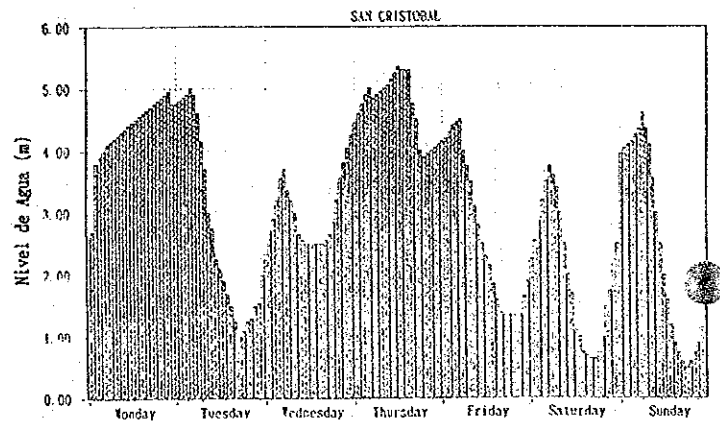
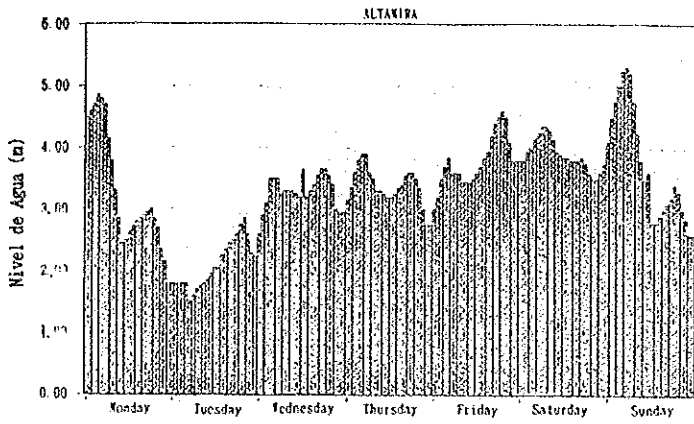


Fig. 3.6 **Relación entre Presión y Bombeo en la Estación de Bombeo San Antonio**

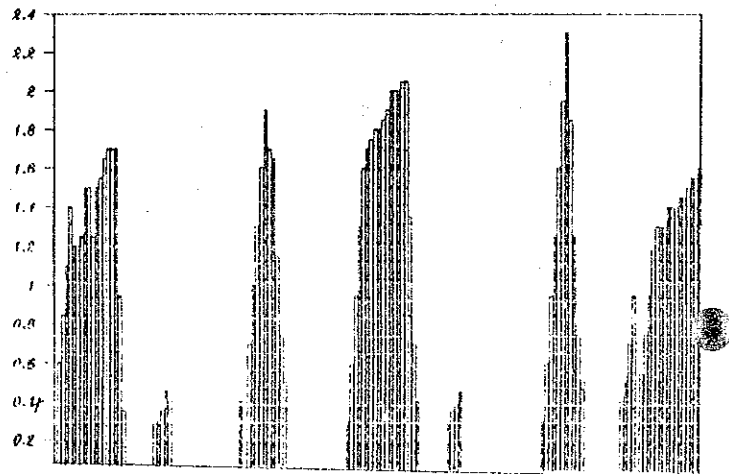
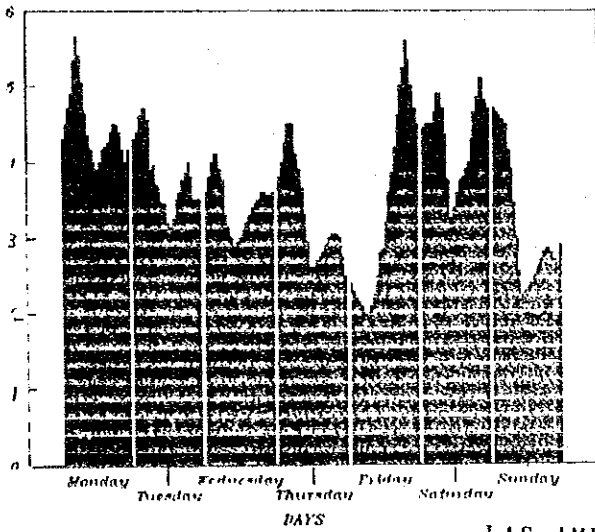
ALTANIRA

SAN CRISTOBAL

June 8-16, 1992



Febrero 16-21, 1993



LAS AMERICAS NO.4

Febrero 22-28, 1993

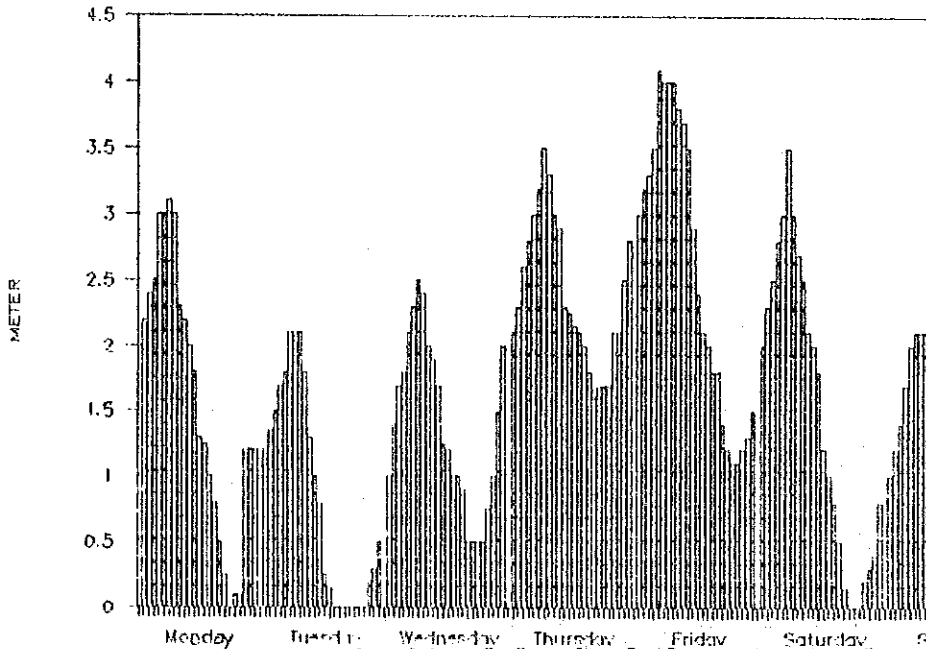


Fig. 3.7 Variación del Nivel de Agua en los Tanques Reservorios

CAPITULO 4 AGUA SUBTERRANEA

CAPITULO 4 AGUA SUBTERRANEA

4.1 Topografía y Geología

En este estudio se llevó a cabo una revisión y análisis de datos y estudios existentes, interpretaciones de imágenes de satélite, de fotografías aéreas y reconocimiento geológico e hidrogeológico para preparar el mapa hidrogeológico y para comprender las características topográficas y geoestructurales del Area de Estudio.

Los datos y materiales recolectados se indican en la Tabla 4.1.1.

4.1.1 Topografía

(1) Occidente de Nicaragua

La parte del Occidente de Nicaragua está dividida en tres provincias geológicas y geográficas (Figuras 4.1.1 y 4.1.2) las cuales son:

- La Planicie Costera del Pacífico
- La Depresión Nicaragüense
- Las Tierras Altas del Interior

El Area de Estudio se situa dentro de la Depresión Nicaragüense.

1) Planicie Costera del Pacífico

La planicie es en general, baja y plana un poco ondulada con mesas de la Formación Tamarindo en la región de León y Puerto Somoza. Las mesas cambian gradualmente de forma a cuevas del Grupo Las Sierras al sureste del Area de Estudio. La mayor parte de la planicie está cultivada, pero existen todavía áreas de bosque húmedo tropical.

La planicie que limita el suroeste de la Depresión y el Océano Pacífico forma una faja angosta desde la Península de Cosiguina en el noroeste a través de las Planicies de Chinandega y León, y a lo largo de las Sierras de Mateare y Managua hasta el estrecho istmo de Rivas en el sureste (Figura 4.1.1).

El margen noreste de la Planicie Costera del Pacífico está controlado por la cadena de volcanes activos y por el sistema de fallas a lo largo de la Depresión Nicaragüense frente al Océano Pacífico. El extremo noroeste de la Planicie Costera y la parte Superior de las Sierras de Mateare y Managua están cubiertos por densos depósitos piroclásticos y lavas.

Por otro lado, la parte baja de la antes mencionada Sierra y una faja continua cerca de la costa entre Poneloya y la frontera con Costa Rica está principalmente compuesta de rocas sedimentarias antiguas de las Edades Terciarias y Cretácica Tardía (Fig. 4.1.1 y 4.1.2).

2) La Depresión Nicaragüense

Casi la mitad del área de la Depresión Nicaragüense está ocupada por los Lagos de Managua y de Nicaragua. La elevación de la zona de la depresión varía desde el nivel del mar en el Golfo de Fonseca hasta 1.745 metros en el pico más alto en San Cristóbal.

La elevación máxima del área de la Depresión en el Area de Estudio es de aproximadamente 940 metros en Las Sierras de Managua.

A lo largo del margen suroeste de la zona de Depresión se extiende la cadena de volcanes jóvenes desde la parte sureste de la Península volcánica de Cosiguina, más o menos paralela a la Costa del Pacífico, hasta el volcán "Maderas" en la parte sureste de la isla de Ometepe en el lago de Nicaragua (Figura 4.1.1).

De los numerosos volcanes de esta cadena volcánica, muchos son de conos compuestos, varios de escoria o de cenizas y algunos de calderas y cráteres.

Algunos de ellos alojan lagunas dentro de sus cráteres, muchos tienen una ligera actividad fumarólica y otros han hecho erupciones violentas de época en época en el pasado.

Las Sierras de Managua que se consideran formadas por un levantamiento de un movimiento geotectónico durante el Pleistoceno Medio tienen cañones profundos de paredes verticales. Una parte considerable de Las Sierras de Managua está cultivada y la mayoría de los cañones son profundos con vegetación selvática densa y posee buenas condiciones topográficas, geológicas y de vegetación para recargar agua de lluvia a los depósitos de agua subterránea.

3) Las Tierras Altas del Interior

Esta provincia de forma casi triangular y de relieve accidentado se encuentra limitada por la Depresión Nicaragüense, por la Planicie Costera del Atlántico y la parte norte de Las Sierras. Consiste de rocas volcánicas Terciarias que forman cuevas y mesas limitadas por muchos acantilados.

(2) El Area de Estudio

Como se ha dicho anteriormente, el Area de Estudio está ubicada en el borde suroeste de la Depresión Nicaragüense y cubre un área de 880 kilómetros cuadrados al sur del lago de Managua.

El área se encuentra limitada por las serranías de las Sierras de Mateare y de Managua en el suroeste, por la divisoria de las Sierras de Carazo en el sur y por la del agua subterránea que pasa cerca de la carretera nacional (No.11) que conecta Tipitapa y Masaya hacia el este.

El Area de Estudio está dividida en tres sub-áreas hidrológicas e hidrogeológicas (Fig. 4.1.3).

- Sub-área Occidental
- Sub-área Central de Managua
- Sub-área Oriental.

1) Sub-Area Occidental

Esta sub-área está limitada hidrogeológicamente al sureste por la escarpa de Falla de Mateare ; y al este por una divisoria de agua subterránea entre la sub-área occidental y la sub-área Central de Managua en el límite este. La elevación de la cima de la escarpa de Falla de Mateare varía entre los 400 metros en extremo noroeste y 470 metros en el extremo sureste; y la altura

relativa de la escarpa varía de 150 a 200 metros respectivamente. El lado oriental de la escarpa consiste de Pleniplanicie Cuaternaria con un gradiente de 1/40 (1,4 grados). Existen muchos flujos intermitentes en el área; el sub-área cubre una superficie de 54 kilómetros cuadrados.

2) Sub-Area Central de Managua

Esta sub-área está limitada, en el norte, por la costa sur del Lago de Managua y por una divisoria y un montículo de agua subterránea, los cuales son controlados principalmente por fallas, escarpa de falla, y por la forma de una superficie superior de capa basal impermeable en el oeste, en el suroeste y en el sureste (Figura 4.1.3).

La parte principal de la ciudad de Managua está sobre la meseta baja y plana con un gradiente de 1/27 (2,2 grados). Hay muchos conos y cráteres de volcanes jóvenes, muchos de los cuales son cráteres de colapso compuesto y algunos tienen lagunas dentro de ellos.

La pendiente norte de las Sierras de Managua tiene un gradiente de 1/16 (3,6 grados) en el área montañosa detrás de la ciudad de Managua. Su elevación máxima es aproximadamente de 940 metros en las Sierras de Managua proyectadas dentro del área de la Depresión Nicaragüense. En esta pendiente hay muchos valles profundamente erosionados con flancos empinados, los cuales yacen sobre una capa de ceniza volcánica (rica en escoria) y están cubiertos por un bosque denso tropical y vegetación cultivada. En el valle, todos los flujos se encuentran secos excepto en tiempos de grande lluvias e hidrogeológicamente, el área tiene buenas condiciones de recarga.

3) Sub-Area Oriental

Como se muestra la Figura 4.1.3, ésta sub-área está dividida en dos distritos hidrológicos:

- El distrito de recarga de agua subterráneas incluyendo la caldera de Masaya.
- El distrito de almacenamiento de aguas subterráneas y escorrentía.

El Distrito de Recarga de Aguas Subterráneas comprende el área montañosa de las Sierras de Managua, las Sierras de Carazo y el área del volcán Masaya con la caldera grande. En el flanco que va hacia el sur de las Sierras de Managua existen cañones profundos de paredes verticales, y se manifiestan erosiones fuertes. Sin embargo, la mayor parte de las Sierras se encuentra cultivada y la mayoría de las paredes de los cañones están profusamente cubiertos de vegetación selvática.

La cordillera divisoria de las Sierras de Carazo se extiende casi a lo largo de la carretera nacional (No. 18) y conecta con el Barrio Marvin Corrales, San Marcos y Catarina. Su área norte está ocupada por las Tierras Altas Planas con más de 400 metros de elevación, y cubierta por un denso bosque húmedo tropical y vegetación cultivada. En la parte suroeste de la caldera de Masaya, existe una caldera de hundimiento en San Juan de la Concepción. La Caldera de Masaya cubre un área de 47,5 kilómetros cuadrados y el nivel del agua de su caldera-lago es de 135 metros de elevación.

No todos los cañones de éste distrito de recarga de agua subterránea son corrientes perennes. Una parte del agua de lluvia que cae sobre las Sierras de Managua se infiltra a través del suelo cerca de la parte norte de Ticuantepe y la mayor parte del agua de lluvias proveniente de la Meseta de Carazo fluye hacia la laguna de Masaya.

El distrito de Almacenamiento de Agua Subterránea y escorrentía superficial consiste de una planicie con un gradiente de $1/62$ (1,0 grados) comprendida entre la pared norte de la caldera de Masaya y el lago de Managua. Existen muchas corrientes estacionales, pero la mayor parte de sus cauces desaparecen al llegar a las partes bajas y planas de la Planicie en la estación lluviosa. La mayor parte del distrito se encuentra cultivado, pero todavía existe un poco de vegetación selvática y bosque húmedo tropical en el área norte de poca elevación. En ésta área de elevación baja hay muchos manantiales alimentados por agua subterránea. Las elevaciones topográficas de los manantiales están entre 50 y 60 metros. Estas aguas de manantial forman muchas corrientes pequeñas perennes que fluyen hacia el lago de Managua. Dentro de éste existen muchas cadenas de volcanes jóvenes con dirección norte-sur y muchos de ellos consisten de pequeños conos y cráteres de hundimiento.

4.1.2 Geología General

(1) El Occidente de Nicaragua

1) Estratigrafía

Las relaciones y distribuciones de la edad geológica de las principales rocas de Nicaragua y las partes adyacentes de Honduras y Costa Rica están resumidas en el Cuadro 4.1.2.

El área costera del Pacífico de Nicaragua yace sobre sedimentos cuyas edades varían entre Cretácico Superior al Reciente. La roca expuesta más antigua del Cretácico Superior (Formación Rivas) aflora en el istmo entre el lago de Nicaragua y el Océano Pacífico. Al noreste, la Formación Rivas se inclina bajo los depósitos aluviales y el agua de el lago de Nicaragua; al sureste y noroeste bajo los sedimentos yacentes desde el Paleoceno al Eoceno (Formación Brito). La Formación Brito es expuesta sobre un área amplia de la Planicie Costera del Pacífico sudeste donde yace parcialmente concordante sobre la Formación Rivas.

Esta formación está sostenida por sedimentos del Oligoceno (Formación Masachapa) al suroeste y enterrada bajo los sedimentos piroclásticos del Plio-Pleistoceno (Grupo Las Sierras) en el noreste. La formación Masachapa concordante pero parcialmente discordante yace sobre la Formación Brito y se extiende hacia lo largo del noroeste en forma recta. Al oeste y noroeste es discordantemente superpuesta por la Formación del Mioceno "El Frayle" y por el Grupo Tamarindo y es discordantemente sobrepuesta por la Formación Pliocénica El Salto y por el grupo Las Sierras al noreste. En el área noroeste de la Planicie Costera del Pacífico es expuesto solamente cubierta por los depósitos aluviales del Grupo Tamarindo del Mioceno.

a. Cretácico (Formación Rivas)

La Formación Rivas está expuesta en el centro del anticlinal de Rivas en el extremo sureste de la Llanura Costera del Pacífico. Su grosor total no es conocido, pero parece ser mayor que la parte expuesta, la cual es de 2.370 metros (Zoopies-Brace 1960) y consiste de arenisca arcósica, lutita tobácea, arenisca, marga y gravaca. La edad de ésta formación se ubica en el

Cretácico Superior, pero todavía no se han encontrado fósiles típicos.

b. Del Paleoceno al Oleoceno (Formación Brito)

Esta formación está compuesta de arenisca, margas nodulares, lutitas verdes, toba negra y lutita tobácea café; también contiene arena calcárea con grauvaca inter-estratificada con caliza gruesa y con lutita encalizada en la parte basal. El material volcánico contenido en ésta formación es clasificado como más grueso y más abundante que los de la formación Rivas, y el grosor total de la formación Brito se aproxima a los 2.400 metros.

c. Oligoceno (Formación Masachapa)

Esta formación subyace en un área topográficamente baja de la Llanura Costera del Pacífico la que es de 3-6 kilómetros de ancho y de casi 70 kilómetros de largo. Está compuesta de esquisto de barro tobáceo, alternando con lutitas grises a grises oscuras, capas delgadas bien estratificadas de arenisca de cuarzo de grano fino. En la parte superior de la formación la toba y la brecha son más abundantes. También la madera silíceo es abundante en algunas de las capas tobáceas y los troncos de árboles carbonizados están mezclados con fragmentos de moluscos y restos volcánicos cerca de las base de la Formación. El grosor de ésta formación es aproximadamente de 2.600 metros.

d. Mioceno (Formación El Fraile)

Esta formación está compuesta principalmente de lutita tobácea y arenisca calcárea. Estas tienen por lo menos 2.250 metros de grosor, a lo largo de la Costa del Pacífico donde forman una cuesta con una ligera inclinación casi paralela con la línea costera. La parte más baja de la formación hacia el noroeste se convierte gradualmente en una serie contemporánea de tobas volcánicas e ignimbritas conocidas como el Grupo Tamarindo.

Esta parte baja de la Formación se compone de sedimentos arcillosos y arenosos, arenisca conglomerática con troncos de árboles fósiles. Estos indican un cambio de condiciones marinas poco profundas (Formación Masachapa) a condiciones deltáicas o terrestres.

El grupo Tamarindo representa las únicas rocas volcánicas Terciarias expuestas en la Llanura Costera del Pacífico. Las características de este grupo se detallan mas adelante, en Rocas volcánicas Tertiarias.

e. Plioceno (Formación El Salto)

El Mioceno agrietado y ligeramente plegado y las formaciones antiguas, arriba mencionadas, de la Llanura Costera del Pacífico descansan sobre un angular estrecho de la Formación el Salto.

Esos sedimentos del Plioceno están preservados sólo localmente en remanentes erosionales tapando las Formaciones Brito y Masachapa entre las Sierras de Managua y la costa, y su grosor es más o menos 100 metros en el área expuesta.

Esta formación está compuesta de depósitos típicos de caracoles como areniscas tobáceas sucias y limos, lutita arenosa, lutita marga y marga, y se observan conglomerados de canteras localmente en la base de la formación. Ambas capas, la arenosa y la de lutita son abundantes en conchas. Las conchas también se encuentran concentradas en las paredes de estructuras en forma de arrecifes de grandes ostras y forman las coquinas del depósito de conchas mezclado y extendido. Algunos de ellos son campos de minas o materia prima para la producción de cemento.

Esta formación yace ampliamente con una ligera discordancia por las Planicies del grupo Las Sierras. La estratigrafía y la litología del Grupo Las Sierras se describen en la próxima Sección.

f. Sedimentos Cuaternarios

Los sedimentos cuaternarios de los lagos de Managua y Nicaragua consisten en arena, limo y arcilla principalmente de origen volcánico con algunos materiales orgánicos. En el siguiente párrafo se hace una descripción detallada de éstos sedimentos cuaternarios.

2) Rocas Igneas y Similares

a. Rocas Terciarias e Intrusivas

Numerosos diques y láminas de diabase y por lo menos cuatro intrusiones de rocas ígneas de hornablenda diorítica se introducen en la serie sedimentaria de la Costa del Pacífico. La intrusión de roca ígnea diorita más grande un tamaño aproximado de 30 kilómetros cuadrados se encuentra localizado en el área expuesta de la Formación Brito. Estas intrusiones ocurrieron probablemente durante la edad del Mioceno Tardío.

b. Vólcanico Terciario en las Tierras Altas del Interior

El volcánico Terciario en las Tierras Altas del Interior puede ser dividido en tres grupos volcánicos : El Grupo Matagalpa (Paleoceno a Oligoceno), el Grupo Coyol (Mioceno a Plioceno) y el volcánico Plio-Pleistoceno, en orden ascendente.

El Grupo Matagalpa está ampliamente expuesto al este de la Depresión Nicaragüense y ocupa las áreas topográficas altas relativamente en forma de mesas altas. La litología del grupo es variable predominando los basaltos, algunas rocas andesíticas, lavas basálticas, tobas brechosas y aglomerados, además de tobas andesíticas a dacíticas soldadas.

El Grupo Coyol está también ampliamente expuesto en el margen este de la Depresión Nicaragüense llenando las áreas topográficamente bajas. Este Grupo puede ser dividido en dos sub-grupos basados en sus condiciones estratigráficas y litológicas:

- El Grupo Coyol Inferior (Mioceno)
- El Grupo Coyol Superior (Plioceno)

Sin embargo, las mayores actividades volcánicas de este grupo están en el Grupo Coyol Inferior del Mioceno. El Grupo Coyol Inferior está formado, en su parte superior, de lavas andesíticas a aglomerados y de ignimbritas andesíticas a flujos de cenizas dacíticos y brechas.

Este grupo contiene rocas sedimentarias interdigitadas que se hacen más abundantes al sur de la Depresión Nicaragüense.

El Grupo Coyol Superior está compuesto de lavas basálticas y aglomerados, ignimbritas andesíticas, flujos de cenizas dacíticas y lavas basáltico-andesíticas y aglomerados de la parte más alta del Grupo El Coyol Superior, en orden ascendente.

Los Volcánicos del Plio-Pleistoceno están localizados en el límite entre las mesas relativamente planas de las Tierras Altas del Interior y los bloques fallados inclinados comprendidos en el pié oeste de las montañas en la zona del margen noreste de la Depresión Nicaragüense. Estos volcánicos tienen cráteres y calderas de caída que consisten principalmente de lavas basálticas y de aglomerados. Algunos de ellos yacen sobre las rocas del Grupo Las Sierras.

c. Volcánicos Terciarios en la Planicie Costera del Pacífico y en la Depresión Nicaragüense

Grupo Tamarindo

El Grupo Tamarindo de la Planicie Costera del Pacífico, y el Grupo Coyol Inferior (Mioceno Medio a Superior) están compuestos de lava andesítica y aglomerados, y una serie de flujos de cenizas expuestos (Ignimbritas). Estas Ignimbritas (Tobas soldadas) tienen las características siguientes en común:

- La deposición forma mesas con solo algunos grados de inclinación.
- Hay presencia de estratificación, pero su textura no es evidente, al igual que la de la toba soldada.
- Los colores son blanco, gris, rosado, amarillento y algunos de color ladrillo debido a la oxidación del hierro.
- La mayor parte de las ignimbritas son del tipo ácidas de magma granítica, pero se pueden encontrar como ignimbritas aproximándose al tipo andesíticas.

Grupo Las Sierras

El Grupo Las Sierras está expuesto discordantemente sobre las rocas sedimentarias Terciarias en el área centro-oriental de la Llanura Costera del Pacífico, y también yace discordantemente las rocas Terciarias volcánicas en el margen noreste de la Depresión Nicaragüense.

Este grupo se compone principalmente de rocas piroclásticas basálticas o andesíticas del Plio-Pleistoceno. Basados en los resultados de una revisión y análisis de los informes existentes de estudios anteriores y reconocimiento geológico con imágenes de satélite y la interpretación de aero-fotos, el Grupo Las Sierras se sub-dividió en tres formaciones: El Grupo Las Sierras Inferior, Grupo Las Sierras Medio y Grupo Las Sierras Superior.

El Grupo Inferior Las Sierras está principalmente expuesto en los alrededores de El Salto y yace discordantemente sobre la misma Formación con un conglomerado basal típico. Esta formación consiste de conglomerados basales con peñas y bolones de limo de la Formación El Salto, conglomerados finos o arenisca conglomerática, arenisca tobácea y limo, toba basáltica y toba brechosa con capas de suelos fósiles de color café.

El Grupo Medio Las Sierras forma la parte principal del Grupo Las Sierras y consiste principalmente de aglomerados basálticos a andesíticos y toba brechosa con pisolitas. La litología de ésta formación es generalmente masiva y compacta, contiene considerable cantidad de pómez, fragmentos de roca volcánica y vidrio. Está extensamente canterizada en las cuestas de Diriamba, en las planicies de Tipitapa y en otras áreas por su uso como piedra de fundación en la construcción.

El Grupo Superior Las Sierras está principalmente expuesto en las cuestas de Las Sierras de Mateare y en el declive norte de Las Sierras de Managua. La formación está compuesta de aglomerados basálticos a andesíticos, toba brechosa y toba con escoria y capas de suelos fósiles, arenisca tobácea y limo con parcialmente gran cantidad de pisolitas dependiendo de las localizaciones.

La descripción detallada del Grupo Las Sierras se reserva para la discusión de "Geología del Area de Estudio".

d. Volcánicos Cuaternarios en la Depresión Nicaragüense

La cadena principal de Volcanes Cuaternarios en Nicaragua está cerca del límite suroeste de la Depresión Nicaragüense.

Esta cadena de Volcanes Cuaternarios está sub-dividida en cuatro regiones volcánicas: la Región entre el Cosiguina y la Cordillera de Los Marrabios, la Región entre los Lagos de Managua y Nicaragua y la Región en el Lago de Nicaragua desde el noroeste

al sureste en base a las características de sus actividades volcánicas.

La Región entre Cosiguina y la Cordillera de Los Marrabios

El Volcán Cosiguina (859 m) ubicado al extremo noroeste del país sobre una península que se proyecta hacia el Golfo de Fonseca tuvo muchas explosiones en el pasado, y la de 1835 fue una de las más poderosas. El material eruptado de gran volumen consiste de pómez andesítica rica en cristal y las lavas pre-calderas son de basaltos andesíticos formados de olivino hipersteno y augita.

En la Región entre el Volcán Cosiguina y la Cordillera de Los Marrabios existe un número de pequeñas colinas que aparentan ser depósitos superficiales o cuellos volcánicos que pueden haber sido chimeneas dentro de ésta cadena activa de volcanes. Las rocas volcánicas de esta Región están compuestas principalmente de andesitas o de basaltos andesíticos.

Región de La Cordillera de Los Marrabios

Como nos muestra la Figura 4.1.4, la Cordillera de los Marrabios incluye un sinnúmero de volcanes recientes traslapados entre El Viejo en el extremo noroeste y Momotombo en la Costa del Lago de Managua. Muchos de estos han sido volcanes activos en épocas pasadas y por lo menos dos o tres están frecuentemente en continua actividad solfatárica.

Más hacia el norte, el Grupo de conos es dominado por El Viejo, también llamado San Cristóbal, el pico más alto de Nicaragua (1.745 m). Las lavas de El Viejo son predominantemente basaltos olivinos y en Casita son más frecuentes basaltos andesíticos de formación hipersteno. En los alrededores de la parte este de la Cordillera existen capas intensivas de pómez dacítica aparentemente eruptada de La Pelona.

El grupo de conos al sureste de San Cristóbal es dominado por el cráter activo del Telica. Las rocas del Telica están formadas de basalto con abundante olivina a basaltos andesíticos hipersteno-augita conteniendo poco o nada de olivina. Se pueden encontrar bloques gruesos entre las eyectas explosivas del Telica.

El cono profundamente erosionado del Rota separa el Grupo Telica de la otra fila de conos hacia el sur. El volcán ha estado

inactivo durante muchos siglos. El cerro Negro es uno de los volcanes más activos de Nicaragua. Desde la formación de este volcán en 1850, ha tenido al menos 9 erupciones de importancia y la más reciente fue en Abril de 1992. El volcán Las Pilas es también un volcán activo pero no hay datos históricos de erupciones de lava o escoria. Las lavas de todo este grupo de volcanes son todas basaltos olivina-augita.

El gran cono simétrico de Momotombo, una de las vistas más familiares, forma una península en la costa noroeste del Lago de Managua. Este tiene un largo historial de actividades incluyendo erupciones explosivas y de lava. La última erupción de lava sucedió en 1905. Las lavas de este volcán son basaltos andesíticos de olivina hipersteno y augita. En la base noroeste del Momotombo existe una caldera sin nombre de un diámetro de 4 kilómetros y de una profundidad de 200 metros. La caldera parece haber sido la fuente de depósitos de pómez extensiva que cubren las anchas planicies al norte y al este.

En el área noroeste de la costa del Lago de Managua existen numerosos manantiales de aguas termales (70-101°C) que es el campo geotérmico más prometedor de Nicaragua. En este campo geotérmico se han hecho una serie de pruebas de perforación para evaluar los recursos de energía geotérmica desde 1970. De acuerdo a los resultados de la prueba de perforación profunda MT-1 (Profundidad perforada 300 m) al sur del volcán Momotombo, las características generales de este campo geotérmico son las siguientes:

Litología: La roca consiste de lavas basálticas y tobas interestratificadas moderadamente a intensamente alteradas del Momotombo a una profundidad de 64,5 metros bajo la superficie del terreno.

Bajo los 64,5 metros las rocas son primeramente tobas con alteraciones variables, con menor cantidad de lavas basalto-andesíticas las cuales son aparentemente del prevolcán Momotombo (Grupo Las Sierras o Grupo El Coyol).

Temperatura: 179°C (a 30 metros bajo la superficie del terreno) 205-209°C (a los 217 metros bajo la superficie del terreno).

Componentes Químicos: (mg/l)

Na 990, K 160, Cl 1,700, SiO₂ 210, Ca 110, Mg11, CO₃<10, HCO₃ 540, SO₄ 6, B 12, As 0,4, Li4,4,

Región entre los Lagos de Managua y Nicaragua

Una faja volcánica de cráteres de caída muy poco distanciados (hoyos), calderas y conos continúa desde el lado sur del Lago de Managua hacia el lado noroeste del Lago de Nicaragua (Fig 4.1.5).

El volcán Apoyeque domina la Península de Chiltepe y aparenta ser la fuente de gran parte de pómez dacítica que cubre los alrededores de la región. La Laguna de Xiloá en el flanco sureste del Apoyeque ocupa un cráter formado después de la última erupción de pómez por subsidencia. Las cuestas de las Sierras de Mateare y las Sierras de Managua están ampliamente cubiertas por pómez de Apoyeque. Se encontraron en este estudio algunos bloques accidentales (xenolita) de lutita tobácea dura entre las eyectas explosivas del Apoyeque en la carretera cerca de La Montañita en la cuesta de Las Sierras de Mateare las cuales se estima que son originadas en la Formación Brito.

El gran cono del Mombacho en la costa del Lago de Nicaragua difiere de otros volcanes de la cadena por la estructura y características de sus rocas. No existe datos bien documentados de erupciones de este volcán, su declive superior está cubierto de vegetación abundante. Un abanico ancho de despojos de peñas forma un área escabrosa en la base noreste. El depósito consiste de bloques andesíticos y una matriz suelta sin clasificar.

La mayor parte de las rocas del Mombacho son andesitas hipersteno-augitas y basaltos andesíticos. Cerca de la parte central del volcán, hay rocas diabásicas entre detritos en el declive superior oeste las cuales pueden haber derivado de un núcleo en el área central del cráter.

La descripción de otros volcanes tales como, Asososca, Nejapa, Ticomo y Apoyo en la Región se reserva para la discusión de las Rocas volcánicas Cuaternarias en el Area de Estudio.

La Región dentro del Lago de Nicaragua

Las erupciones recientes han formado dos islas grandes dentro del Lago de Nicaragua: las de Zapatera y Ometepe (Fig. 4.1.6).

El complejo grupo de conos combinados conforma la porción central de la isla de Zapatera, y su elevación máxima es de 625 metros. Las lavas en el declive norte son andesitas hipersteno-augita similares a las del Mombacho.

La isla de Ometepe tiene los conos gemelos de Concepción (1.610 metros) y el Madera (1.394 metros). De los dos volcanes sólo el de Concepción ha estado activo en el tiempo histórico. Aunque la mayor parte de las rocas volcánicas son basaltos andesíticos ricos en olivina, se puede encontrar también andesitas en las laderas y pómez dacítica sobre las planicies cerca de la base norte.

(2) El Area de Estudio

El reconocimiento geológico e hidrogeológico en este estudio se llevó a cabo sobre la base de una revisión y análisis de los datos de los informes de estudios existentes (Cuadro 4.1.1), y de las interpretaciones de las imágenes de satélite y fotografías aéreas, las cuales se llevaron a cabo simultáneamente a la investigación geológica de campo. Este reconocimiento cubrió un área aproximada de 2.000 kilómetros cuadrados más allá del límite del Area de Estudio, para aclarar y fijar la frontera hidrológica e hidrogeológica del área llamado "Area geohidrológica de Managua" y también para comprender la estructura geológica regional y las características de la Formación El Salto considerada como capa basal hidrogeológica impermeable del área geohidrológica. Como resultado de estos trabajos, se preparó el mapa hidrogeológico preliminar (1:50.000), el cual será finalmente concluido como un mapa hidrogeológico completo.

Por otro lado, se llevaron a cabo sondeos verticales de resistividad eléctrica, pruebas de perforación y de bombeo, y revisión y análisis de datos de perforaciones existentes en las Fases I y II del Estudio.

Como resultado de las actividades arriba mencionadas, se han preparado tentativamente cortes transversales hidrogeológicos como se muestran en las Figuras 4.1.8 a 4.1.12.

Los mayores descubrimientos sobre geología del Area de Estudio se describen a continuación:

1) **Estratigrafía**

La relación de la edad geológica y la distribución de las principales rocas del Area de Estudio están resumidas en el Cuadro 4.1.3 y en la Figura 4.1.7.

a. La Formación El Salto y otras Rocas Sedimentarias Terciarias

El grupo Las Sierras en el Area de Estudio se estima que yace ampliamente sobre la formación El Salto y otras rocas sedimentarias Terciarias tales como la Formación Brito las cuales están consideradas como capas basales hidrogeológicas impermeables.

En este estudio, la mayor parte de la información sobre rocas sedimentarias Terciarias arriba mencionada se obtuvo por prospección eléctrica, pruebas de perforación y por la revisión de datos de perforaciones existentes. Toda esta información se muestra en los cortes transversales hidrogeológicos (Figuras 4.1.8 a 4.1.12). En relación a la información básica obtenida de la prospección eléctrica, ésta se muestra en el Cuadro 4.8.4.

La información litológica para las rocas sedimentarias Terciarias obtenidas de las pruebas de perforación realizadas en este estudio están referidas en la siguiente sección "Características Hidrogeológicas del Area de Estudio".

b. Lavas del Plio-Pleistoceno

Las lavas más antiguas están expuestas en la pared sureste de la Caldera de Masaya y desde la pared sur a la oeste de la Caldera de Apoyo. La lava más antigua de la Caldera de Masaya es de basalto olivina-augita y la lava más antigua de la Caldera de Apoyo de hipersteno-augita basalto andesítico. Estas lavas basálticas antiguas yacen sobre el Grupo Las Sierras.

c. Grupo Las Sierras bajo [TQps(I)]

Este grupo bajo Las Sierras no está expuesto en la superficie del Area de Estudio y se estima que la distribución de este grupo en el subsuelo de las Sierras de Managua es muy limitada dentro del Area de Estudio, como se observa en la Figura 4.1.9 (Cortes transversales hidrogeológicas D-E-F-Q).

No existe información más detallada que la descrita en el párrafo anterior: "Geología del Oeste de Nicaragua".

d. Grupo Las Sierras Medio [TQps (M)]

Las afloraciones típicas de éste grupo en el Area de Estudio son observadas en las paredes de los cráteres de Asososca, Nejapa y Tiscapa, y también en los cañones profundos en el flanco sureste de Las Sierras de Managua proyectadas dentro del Area de Estudio. Estas afloraciones consisten de aglomerados basálticos masivos y compactos, y aglomerados andesíticos con toba brechosa (toba lapili) y toba conteniendo pisolitas. El color es principalmente gris a gris oscuro, pero cambia de color grisáceo en las cercanías de San Rafael a rojizo oscuro en el área de Veracruz.

A través del reconocimiento geológico del Area de Estudio se observaron esporádicamente muchas afloraciones pequeñas por doquier, y una gran parte de ellas se confirmó que eran aglomerados basálticos compactos y masivos y tobas brechosas (tobas lapili), con pisolitas y ramificaciones de venas de sínter calcáreo.

Por otro lado, de acuerdo a los datos existentes de las perforaciones, la litofase de el Grupo Las Sierras es fundamentalmente descrito como arcilla, limo y arena con grava. Además los datos litológicos existentes fueron re-evaluados para la elaboración de los cortes las secciones transversales hidrogeológicos considerando los siguientes elementos:

- .Grava puede indicarnos que sea principalmente aglomerados
- .Grava con arena Toba brechosa
- .Arena Toba o toba brechosa
- .Arena con arcilla Toba
- .Arcilla Toba arcillosa o toba meteorizada
- .Arcilla café Suelo fósil
- .Roca o bolones Flujos piroclásticos

La confiabilidad de estos datos fué comprobada por la observación práctica de las muestras de las capas en las perforaciones en Villa Revolución (parte este de Managua). Los resultados de estas investigaciones son las siguientes:

Nivel Estático de Agua: 44,4m Descarga: 80 gpm (304 l/m)

Galón-Metros

0-3	Suelo café
3-21	Arcilla gris con grava (toba brechosa-aglomerado)
21-25,5	Limo arcilloso gris (toba)
25,5-31,5	Limo gris (toba)
31,5-40,5	Limo gris con grava pequeña (toba brechosa)
40,5-42	Arcilla gris con grava (suelo fósil)
42-45	Arena gris (toba-toba brechosa)
45-48	Grava negra con arena (flujos de escoria)
48-63	Fragmentos de roca con arena (flujos de poros piroclásticos)
63-72	Arcilla café con grava (toba brechosa meteorizada)

Como resultado del reconocimiento geológico mencionado anteriormente, la re-evaluación y pruebas de investigación sobre la litofase del Grupo Medio Las Sierras se puede afirmar que éste, dentro de el Area de Estudio, está compuesto no solamente de aglomerados compactos con toba brechosa y toba, sino que también por depósitos de piroclásticos porosos y por flujos piroclásticos de escoria con capas de suelo fósil. En general, los aglomerados compactos son relativamente poco permeables como se ha visto en las paredes de los cráteres de Asososca, Nejapa y Tiscapa.

Una descripción detallada del área y las características hidrogeológicas del Grupo Medio Las Sierras incluyendo los resultados de la prospección eléctrica y de las pruebas de perforación realizadas, se indican en la sección posterior "Hidrología del Area de Estudio".

e. Grupo Las Sierras Superior [TQps(S)]

El Grupo Las Sierras Superior está expuesto en Las Sierras de Mateare, en la mitad noroeste de Las Sierras de Managua y en el declive noreste de Las Sierras de Managua proyectado dentro

del Area de Estudio. Las principales afloraciones de este grupo se observan continuamente en la Escarpa de Falla de Mateare, la que está compuesta de una alternación de basáltico masivo a aglomerados andesíticos, toba brechosa y toba con capas finas de suelo fósil, escoria y pómez. Las capas masivas y compactas de aglomerados y toba brechosa están parcialmente canterizadas para uso como piedra cantera en la construcción.

Por otro lado, el grupo expuesto en el declive noreste de Las Sierras de Managua está compuesto por una alternación frecuente de aglomerados, toba brechosa, toba, toba arenosa rica en pisolitas, arenisca tobácea y suelo fósil. Las capas de toba arenosa y arenisca tobácea tienen capas planas bien destacadas y láminas, suave y parcialmente faldeadas. Su color cambia de gris oscuro a verde pálido o gris-verde, y es generalmente poco consolidado.

f. Grupo Volcánico Masaya (QVM)

El volcán Masaya es un típico volcán doble con caldera grande del tipo Glen Coe. Su actividad histórica se ha caracterizado por flujos intra-caldera y su más reciente actividad con flujos de lava ocurrió en 1792 cuando este flujo de lava alcanzó hasta cerca de Sábana Grande. Todas las rocas expuestas del volcán Masaya son basaltos ricos en hierro. Las paredes de la caldera consisten de flujos de lava (dura y porosa) y flujos piroclásticos de escoria, brecha volcánica y cenizas, a excepción de una parte de la pared de la caldera sureste.

Como se muestra en la Figura 4.1.7, hay muchos conos cráteres de colapso y calderas de derrumbe que son controladas por las cadenas volcánicas con dirección norte-sur en los alrededores del volcán central Masaya. Estas son la caldera de colapso San Juan de la Concepción en el suroeste, caldera de colapso pequeña San Francisco en el noreste, cráteres compuestos Veracruz en el norte, cono de cenizas Barrio Nuevo con lava porosa brechada cerca del noroeste de la caldera de Masaya y conos de escoria de Sirvio Keñazco al norte de la ciudad de Masaya. Todos los sedimentos volcánicos de este área volcánica son llamados "Grupo Volcánico Masaya" en este informe.

El área norte de la caldera de Masaya que une a Ticuantepe, Veracruz, y Sábana Grande yace sobre el Grupo volcánico Masaya, su grosor es cerca de 100 metros en la zona central de el Area de Estudio (Fig. 4.1.11 y 4.1.12). Como se muestra en las

secciones transversales hidrogeológicas, se estima que el Grupo Volcánico Masaya está depositado en un valle antiguo que se formó en la inmediaciones de Las Sierras Medias en el Pleistoceno Medio.

De acuerdo a datos existentes de las perforaciones, este volcánico enterró un valle antiguo compuesto por lava porosa basáltica y flujos piroclásticos, los cuales son uno de los acuíferos de más alto potencial en el Area de Estudio. Se estima que en aquel tiempo la parte más baja de un antiguo valle tendría que estar bajo el nivel del agua y de los sedimentos cuaternarios y que el Grupo Volcánico Masaya ha sido depositado con una relación interdigitada (Fig. 4.1.7 y 4.1.11).

g. Volcánico Apoyo (QvA)

La caldera de Apoyo, aunque a sólo 10 kilómetros de Masaya es un ejemplo magnífico de una caldera tipo Krakatoa formada por derrumbes seguida de erupciones de grandes cantidades de pómez dacita. El pómez cubre un área amplia como muestra la Fig. 4.1.7.

h. Volcánico Pleistoceno (QvP)

Este volcánico está expuesto a lo largo de la cadena volcánica con dirección norte-sur que conecta el cráter de derrumbe, Cerro Partido, San Carlos, Cerro Los Martínez, Ticomo y conos pequeños del declive oeste de Las Sierras de Managua. Aunque el Pleistoceno volcánico de la cadena está formado de lavas basálticas a andesíticas y materiales piroclásticos y restos de cuerpos volcánicos erosionados, es difícil dividir el límite exacto entre QvP y QvH. Muchas de las capas de escoria que cubren la cima de Las Sierras de Managua se considera que pertenecen al Pleistoceno volcánico que erupcionó en el declive oeste de Las Sierras de Managua arriba mencionado.

i. Holoceno Volcánico (QvH)

El Holoceno Volcánico está expuesto principalmente a lo largo de la cadena volcánica del Pleistoceno, arriba mencionada. Los conos centrales y los flujos de lava en 1972 en el volcánico Masaya también pertenecen al Holoceno volcánico.

Todos los Holocenos volcánicos en el Area de Estudio están

compuestos de lavas basálticas, cenizas, flujos de escorias y por sus sedimentos secundarios. Dentro de ellos se puede observar el Volcánico Nejapa que yace sobre las capas de pómez de Apoyequé.

j. Aluvión (Qal)

El aluvión está expuesto principalmente en la sub-área occidental y a lo largo de la costa del lago de Managua. La sub-área occidental consiste de sedimentos mezclados de cenizas volcánicas (escoria y pómez) y por despojos principalmente de la zona de la escarpa de Falla de Mateare (Fig. 4.1.8). Los rasgos litológicos del área del aluvión se describen en la sección posterior "Hidrogeología del Área de Estudio".

2) Tefra

El Área de Estudio descansa ampliamente sobre cenizas volcánicas Cuaternarias. En este estudio, se observaron dos afloraciones típicas para aclarar las características estratigráficas de las capas de cenizas volcánicas Cuaternarias. Los resultados de estas observaciones se muestran en la Fig. 4.1.13.

Como resultados de la observación estratigráfica volcánica de tefra, se señalan los siguientes descubrimientos:

- Las principales actividades volcánicas del Grupo Masaya (Pre-caldera) ocurrieron por lo menos en cuatro etapas.
- Las actividades volcánicas de Apoyo ocurrieron después de las principales actividades volcánicas del Grupo Masaya con poco tiempo de interrupción, y las erupciones grandes de pómez sucedieron tres veces.
- La erupción de pómez de Apoyequé y la de Apoyo ocurrieron casi simultáneamente.
- Las actividades volcánicas principales del Pleistoceno Tardío hasta el Reciente tales como Asososca, Nejapa y Ticomo sucedieron por lo menos tres veces.