

社会開発調査部報告書



2017

JICA LIBRARY



1078099(7)



GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS

Ministerio de Salud Publica

ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE LAS AGUAS  
SUBTERRANEAS DEL VALLE DE COMAYAGUA

INFORME PRINCIPAL

OCTUBRE 1989

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON

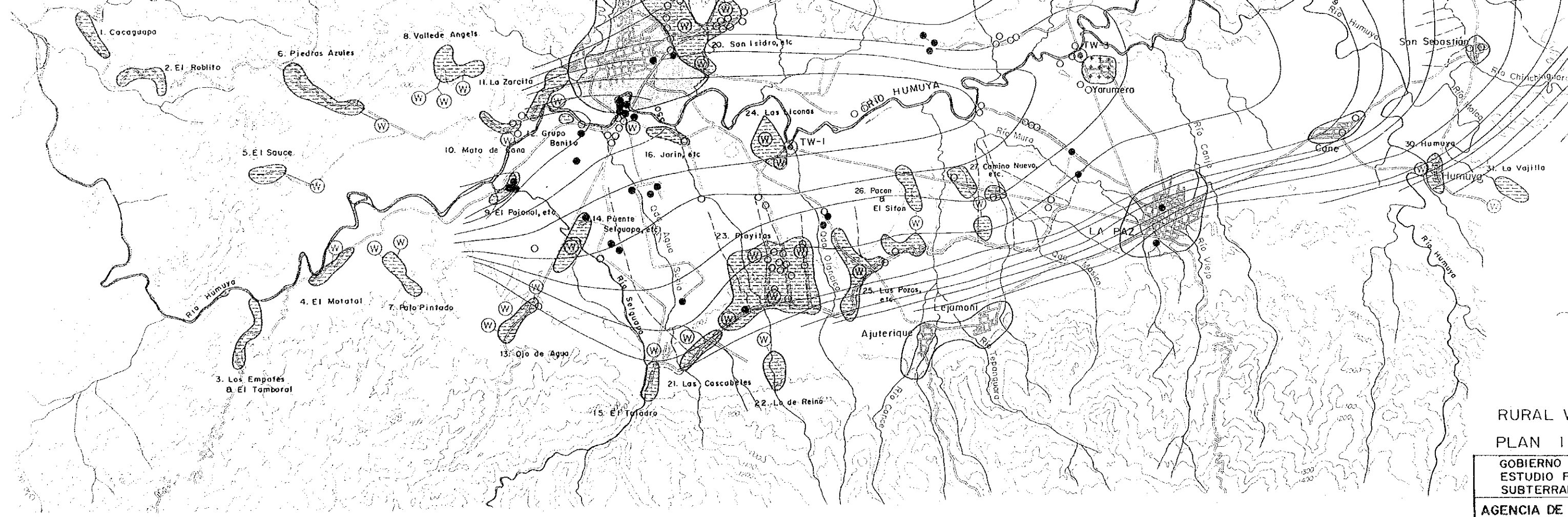
国際協力事業団

20139

RURAL WATER SUPPLY SYSTEM DEVELOPMENT

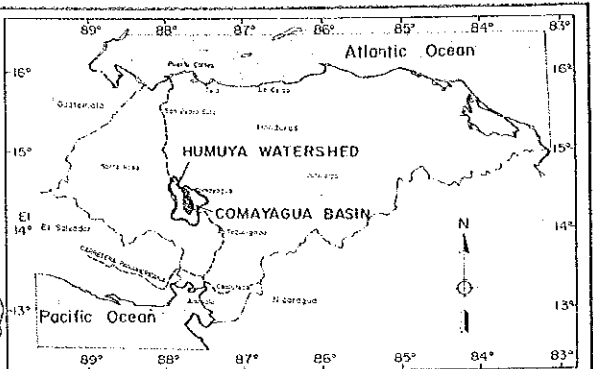
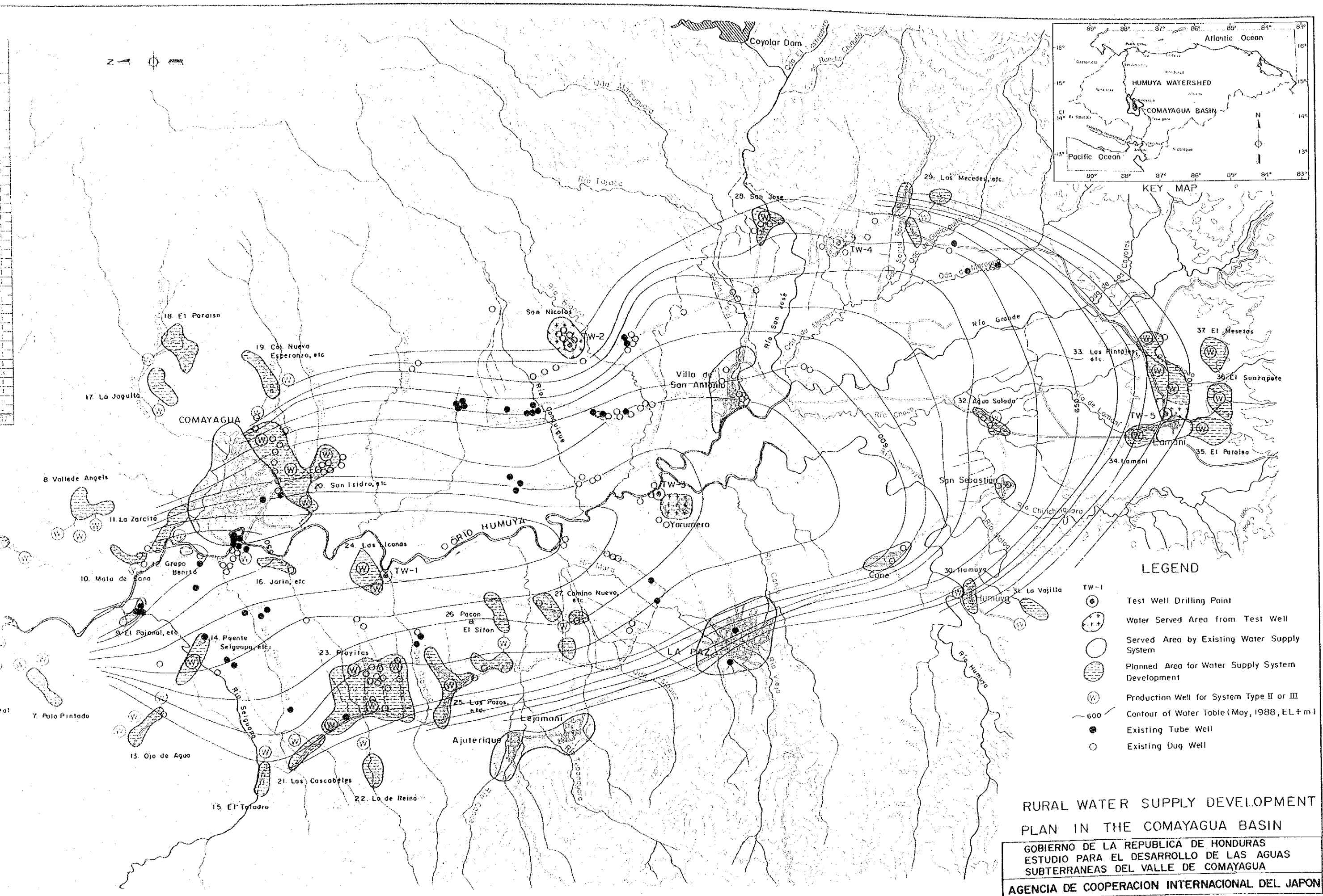
Community	Type of System & Nos. of the Type *1								
	First Stage			Second Stage			Total		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1. Cocaguapa	1	-	-	-	-	-	1	-	-
2. El Roblito	1	-	-	-	-	-	1	-	-
3. Los Empates, B. El Tamboral	1	-	-	-	-	-	1	-	-
4. El Motatal	1	-	-	-	-	-	1	-	-
5. El Sauce	1	-	-	-	-	-	1	-	-
6. Piedras Azules	1	-	-	-	-	-	1	-	-
7. Palo Pintado	1	-	-	-	-	-	1	-	-
8. Valledel Angeles	1	-	-	-	-	-	1	-	-
9. El Pajonal, etc.	1	-	-	-	-	-	1	-	-
10. Mato de Ana	1	-	-	-	-	-	1	-	-
11. La Zarzita	1	-	-	-	-	-	1	-	-
12. Grupo Bonito	1	-	-	-	-	-	1	-	-
13. Ojo de Agua	1	-	-	-	-	-	1	-	-
14. Puente Selguapa, etc.	1	-	-	-	-	-	1	-	-
15. El Tofadro	1	-	-	-	-	-	1	-	-
16. Jorin, etc.	1	-	-	-	-	-	1	-	-
17. La Jaquita	1	-	-	-	-	-	1	-	-
18. El Paraiso	1	-	-	-	-	-	1	-	-
19. Col. Nueva Esperanza, etc.	1	-	-	-	-	-	1	-	-
20. San Isidro, etc.	1	-	-	-	-	-	1	-	-
21. Las Cascabelas	1	-	-	-	-	-	1	-	-
22. La de Reina	1	-	-	-	-	-	1	-	-
23. Playitas	1	-	-	-	-	-	1	-	-
24. Las Liconas	1	-	-	-	-	-	1	-	-
25. Las Pozas, etc.	1	-	-	-	-	-	1	-	-
26. Pacion & El Sifon	1	-	-	-	-	-	1	-	-
27. Camino Nuevo, etc.	1	-	-	-	-	-	1	-	-
28. San Jose	1	-	-	-	-	-	1	-	-
29. Las Mercedes, etc.	1	-	-	-	-	-	1	-	-
30. Humuya	1	-	-	-	-	-	1	-	-
31. La Vajilla	1	-	-	-	-	-	1	-	-
32. Agua Salada	1	-	-	-	-	-	1	-	-
33. Humuya	1	-	-	-	-	-	1	-	-
34. La Vajilla	1	-	-	-	-	-	1	-	-
Total	60	0	22	20	2	10	15	80	37

\*1 For more detailed information, see the chapter 5 of the Main Report.  
 \*2 Including ten systems at not specified areas.



ESCALA 0 1 2 3 4 5 km

RURAL WATER SUPPLY SYSTEM DEVELOPMENT  
 PLAN I  
 GOBIERNO NACIONAL  
 ESTUDIO PRELIMINAR DE SISTEMAS SUBTERRANEOS  
 AGENCIA DE PLANEACION Y DESARROLLO



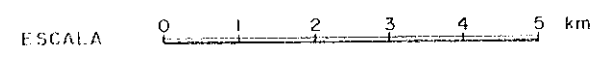
**LEGEND**

- TW-1
- ⊙ Test Well Drilling Point
- ⊕ Water Served Area from Test Well
- Served Area by Existing Water Supply System
- ▨ Planned Area for Water Supply System Development
- ⊙ Production Well for System Type II or III
- 600 Contour of Water Table (May, 1988, EL + m)
- Existing Tube Well
- Existing Dug Well

**RURAL WATER SUPPLY DEVELOPMENT PLAN IN THE COMAYAGUA BASIN**

GOBIERNO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS  
 ESTUDIO PARA EL DESARROLLO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DE COMAYAGUA

AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPON







## RESUMEN

### A.- Antecedentes

1.- La República de Honduras es uno de los países centroamericanos, en su mayor parte ocupada por zonas montañosas en las que están situadas Tegucigalpa, la capital de la nación, y la cuenca de Comayagua, Area de Estudio a unos 50 km al noroeste de la capital.

En el Area de Estudio y su entorno, es decir, la Región n° 2, que consta de los departamentos de Comayagua, Intibuca y La Paz, el agua de ríos, fuentes y pozos poco profundos ha sido utilizada para fines potables y agrícolas. El uso doméstico del agua sin tratamiento sanitario ha causado enfermedades transmitidas por el vector agua, especialmente en las estaciones secas en las que existen una seria carencia de agua ha conllevado circunstancias muy adversas para el uso de agua de la población. Además, debido a lo inadecuado del suministro de agua, los habitantes de las zonas rurales dedican grandes cantidades de tiempo y energía a obtener su agua doméstica diaria. Por consiguiente, el mejoramiento y el desarrollo de sistemas de suministro de agua en el area rural son esenciales para elevar el nivel de salud y la vida.

2.- En respuesta al "PLAN DEL DECENIO INTERNACIONAL DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO" de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el gobierno de Honduras preparó el "Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento" en 1983, que aspira a atender al 90% de la población para 1990. Según el Plan, el gobierno decidió desarrollar el suministro de agua potable mediante la explotación de las aguas subterráneas en la Región n° 2, pero en dicha área no se había llevado a cabo todavía un estudio de viabilidad, y el potencial de explotación de recursos de agua subterránea no había sido evaluado. Considerando los recursos infraestructurales, la población de las áreas, y la prioridad entre las distintas áreas, el estudio de la cuenca de Comayagua se seleccionó para su comienzo en primer lugar en un estudio de viabilidad, y el gobierno de Honduras solicitó a su homólogo japonés que proporcionara la asistencia técnica necesaria. La agencia ejecutiva del estudio es el Ministerio de Salud Pública (MPH).

3.- En respuesta a esta petición, el gobierno de Japón organizó un Equipo de Estudio a través de la Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional (JICA). Los trabajos del estudio comenzaron en febrero de 1988. Hasta marzo de 1989, el equipo de estudio fue destacado a Honduras en tres ocasiones, y llevó a cabo los trabajos de campo en estrecha cooperación con el MPH, así como los trabajos en Japón. Se han preparado cinco informes, el Inicial, el de Progresos I, el de Progresos II, el Intermedio y el Final, y se celebraron negociaciones con el MPH y otras agencias oficiales hondureñas interesadas. Este es el Informe Final, con los comentarios de la parte hondureña debidamente incorporados.

B.- Estado actual

4.- Trabajos de investigación de campo: Desde el comienzo del estudio actual en 1988, se han llevado a cabo trabajos en muchas áreas. Estos trabajos se realizaron mediante tres episodios de trabajos de campo y cuatro de trabajo en Japón. Los principales conceptos de los trabajos de campo son:

- Observación y análisis hidrológicos
- Reconocimiento y análisis hidrogeológicos
- Exploración geofísica. Este trabajo incluye 111 puntos de inspección electromagnética VLF y 91 puntos de sondeos de resistividad eléctrica.
- Observación de nivel de aguas subterráneas. Este trabajo ha consistido en tres casos de observación simultánea y el control de nivel de agua de 6 pozos.
- Excavación de cinco pozos de prueba y cinco orificios de observación; como los 170 pozos existentes no están distribuidos uniformemente, las posiciones de estos pozos están seleccionadas para suplementar la distribución de modo que puedan obtenerse constantes uniformes para simulación. 73 a 130 m de profundidad, por un total de 1,075 m, de 4" a 8" de diámetro.

- Instalación de equipos provisionales de suministro de agua. Este trabajo ha pretendido utilizar los pozos de prueba y contribuir a la mejoramiento del suministro de agua rural actual.
- Análisis cualitativo del agua; este trabajo fue llevado a cabo en dos ocasiones: estaciones lluviosa y seca, para comparar los cambios estacionales en la calidad de agua. En total, se ensayaron 56 muestras de agua, inclusive 10 muestras de agua de río.
- Estudio y análisis socioeconómicos.
- Estudio del sistema de suministro de agua rural.
- Preparación de los Informes Inicial, de Progresos I, de Progresos II e Intermedio.

5.- Geografía: La cuenca de Comayagua, con un área de aproximadamente 470 kilómetros cuadrados, se extiende entre las latitudes 14°04' y 14°40', y las longitudes 87°27' y 87°54' oeste. El río Humuya fluye hacia el norte a través de la cuenca, que tiene un área de captación de unos 2.100 km<sup>2</sup>, y ocupa el 2% del territorio de Honduras, 112,088 km<sup>2</sup>. La altitud del Area de Estudio es de unos 600 m, y montañas de más de 2,000 m de altitud rodean el área y constituyen la vertiente. La Autopista Centroamericana (Autopista CA5), que conecta Tegucigalpa con San Pedro Sula, discurre del sudeste al noroeste en el Area de estudio y desempeña un importante papel de carretera troncal. La población en el Area de Estudio es de unas 109,200 personas (1988), que arroja una densidad de población de 45 hab./km<sup>2</sup>, siendo las poblaciones urbana y rural de 59,600 y 49,600 respectivamente. En el año 2000, se prevé una población total de 169,600 personas en el área de estudio, 98,900 en el área urbana y 70,700 en zonas rurales, en base a los censos practicados.

6.- Geología: Desde el punto de vista de la geología general, las mesetas en las que está situada el Area de Estudio están compuestas por rocas metamórficas paleozoicas, sedimentarias mesozoicas, volcánicas terciarias, intrusivas, etc., mientras que los sedimentos cuaternarios se depositan sobre dichas rocas precuaternarias en los altiplanos tales como canales de ríos y cuencas interiores. Los depósitos lacustres diluviales y los depósitos de abanico aluviales son las principales unidades geológicas de la cuenca de Comayagua. Los depósitos lacustres diluviales se distribuyen principalmente en la mitad sur de la cuenca, y se componen principalmente

de sedimentos de limo y arcilla blancuzcos-amarillentos, mientras que los depósitos de abanico aluviales, que contienen muchas gravas aportadas desde las montañas orientales y/o occidentales, están distribuidos en la mitad norte de la cuenca. Por otra parte, en los márgenes de la cuenca, los depósitos lacustres se caracterizan generalmente por sedimentos de gravas.

7.- Meteorología: Dentro de la vertiente del río Humuya, las precipitaciones anuales medias son de aproximadamente 900 y 1,200 mm en el suelo de la cuenca y la meseta circundante, respectivamente. Por otra parte, el 80%-90% de la precipitación cae en la estación lluviosa de mayo a octubre. En la estación seca de noviembre a abril, es muy exigua, especialmente hasta febrero. La precipitación es de sólo 20 mm en el suelo de la cuenca. Aunque se manifiesta con bastante claridad una tendencia de la precipitación lluviosa, la cantidad y momento de su caída fluctúan muchísimo en todo el año. En el estudio actual, por lo tanto, se seleccionaron años hidrológicos normalizados en base al análisis estadístico de la precipitación de la cuenca anual para el estudio de equilibrio de agua. El año hidrológico normalizado obtenido y la precipitación de la cuenca correspondiente se indican a continuación:

Año normalizado hidrológico	Año	Precipitación anual de la cuenca	
		en mm	en MCM
Año normal (año de 1/2 sequía)	1983	1287.5	2,643.6
Año de 1/10 sequía	1986	882.3	1,811.6
Año de 1/20 sequía	1972	771.2	1,583.5

8.- Hidrología: En la estación seca, se observa ordinariamente que los tributarios del río Humuya están secos salvo algunas corriente relativamente grandes, como los ríos San José, Grande, Choco y Lamani. Se observa caudal base perenne en el río Humuya y los antecitados afluentes, relativamente grandes. El caudal base observado en la estación de calibración de La Encantada, que se sitúa en la vertiente de cuenca de Comayagua, oscila entre 1 y 6 m<sup>3</sup>/segundo, es decir, 30-190 MCM/año. Por el contrario, en la estación lluviosa, la escorrentía superficial aumenta poco después de una gran precipitación y finalmente se convierte en caudal de avenida. La

escorrentía anual de la totalidad de la cuenca en cada año normalizado hidrológico se calcula mediante una acumulación de la escorrentía diaria observada, y se resume como sigue:

Año normalizado hidrológico	Año	Escorrentía anual total de la cuenca	
		Volumen en MCM	Relación con lluvia anual (%)
Año normal (año de 1/2 sequía)	1983	379.1	14%
Año de 1/10 sequía	1986	197.5	11%
Año de 1/20 sequía	1972	178.8	11%

9.- Hidrogeología: En el Area de Estudio, los depósitos de abanico aluvial son bastante gruesos, generalmente de 20 a 30 metros o más, en la mitad norte de la cuenca, mientras que depósitos aluviales muy delgados, de unos pocos metros en su mayor grosor, se extienden en la mitad sur de la cuenca. Los depósitos lacustres diluviales originados a partir de tobas finas y/o tobas fusionadas finas ácidas subyacen a dichos depósitos aluviales. Se espera que los depósitos lacustres diluviales contengan acuíferos a una profundidad de unos 200 metros en el centro de la cuenca. A juzgar por los resultados de la investigación hidrogeológica llevada a cabo, los acuíferos del área de estudio se categorizan en dos tipos de agua subterránea: freática y confinada. La primera está contenida de ordinario en los depósitos de abanico aluviales y la segunda fluye en los depósitos lacustres diluviales.

10.- Uso de la tierra: Aproximadamente 36,000 ha, 80% del Area de Estudio (47,000 ha) están siendo utilizadas para propósitos agrícolas tales como tierras agrícolas y pastizales. Las 11,000 ha restantes, 20% de la cuenca, están ocupadas por zonas residenciales, bosques, etc. Las tierras de cultivo de 36,000 ha incluyen tierras de regadío, unas 7,000 ha, en tres sistemas: el de Flores, el de San Sebastián y el de Selguapa. El área de regadío real en 1988 equivalía a unas 4,000 de las 7,000 ha. La Región n° 2, que incluye el Area de Estudio, reviste gran importancia en el país con relación a su producción agrícola.

11.- Uso actual del agua: Los objetivos principales de la utilización del agua en el Area de Estudio pueden clasificarse en tres: regadío, uso doméstico y uso industrial. El regadío se lleva a cabo para cosechas y pastizales mediante agua de canal y agua de lluvia, y está representado por los tres sistemas de regadío citados. El consumo mensual de agua de los tres sistemas de regadío representaba aproximadamente 2.2 MCM por término medio en 1987. El agua doméstica es suministrada por el sistema de suministro de agua actual, de tuberías, facilitado por el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA), y pozos públicos y privados. La casi totalidad de las industrias fabriles utiliza su propia agua de pozo junto con agua suministrada por SANAA. El sistema de suministro de agua existente en el Area de Estudio atiende a aproximadamente 62,800 personas, 57% de la población total en 1988. Sin embargo, dicha población atendida es principalmente urbana, es decir, 53,300 habitantes, 89% de la población urbana total, y la población atendida en el área rural es de sólo 9,500 personas, 19% de la población rural total.

12.- Nivel actual de explotación de aguas subterráneas: Aunque el número de pozos en el Area de Estudio está aumentando recientemente, el desarrollo de los recursos de agua subterránea permanece a bajo nivel. De los 170 pozos confirmados por las investigaciones de campo, 152 están en uso en la actualidad. De los 152, 113 pozos excavados poco profundos son para uso doméstico de los habitantes rurales, 39 pozos entubados profundos son principalmente para fines agrícolas e industriales. Considerando un volumen de rendimiento disponible de un pozo excavado poco profundo, se estima que se suministra al día como máximo 1,130 m<sup>3</sup>/día para uso doméstico de la población rural. Como el caudal medio de bombeo es de unos 150 m<sup>3</sup>/día, la producción total de los pozos entubados profundos se estima en 6,560 m<sup>3</sup>/día. Por consiguiente, el volumen de explotación actual de las aguas subterráneas equivale a 7,690 m<sup>3</sup>/día, de los cuales 3,530 corresponden al agua freática y 4,160 al agua confinada.

### C. Estudio global

13.- Trabajo en Japón: De los muchos conceptos del trabajo en la central, destacaremos:

- Simulación del potencial de aguas subterráneas en condiciones naturales, utilizando el modelo de tanque y el método de diferencia finita (FDM) en modelo de agua subterránea bidimensional.
- Formulación de proyecto de desarrollo de aguas rurales a nivel de plan matriz; este trabajo incluye la formulación del plan de desarrollo de aguas subterráneas, plan matriz de suministro de agua, plan matriz de desarrollo de instalaciones y estimación de costo del proyecto.
- Evaluación económica del proyecto futuro.

14.- Simulación del potencial de aguas subterráneas: Después de un estudio cuidadoso sobre la estructura hidrogeológica y características de la cuenca de Comayagua, se identifican dos tipos de sistemas acuíferos: el freático y el confinado. Según el estudio de balance de agua mediante la simulación de modelo de tanque, el volumen de reaprovisionamiento anual en ambos acuíferos se estima por igual en 52,000 m<sup>3</sup>/día (un total de 104,000 m<sup>3</sup>/día), es decir, 7% (total 1.5%) del volumen de precipitación media anual. Se espera también que el reaprovisionamiento de estos acuíferos sea notablemente constante año tras año, y también mensualmente. Por ello, tanto el volumen de explotación actual, de 7,690 m<sup>3</sup>/día (párrafo 12) como el volumen total de explotación futura, unos 12,500 m<sup>3</sup>/día dentro de la cuenca de Comayagua, están dentro de un margen de seguridad suficiente en comparación con el volumen de reaprovisionamiento total. Por otra parte, mediante la simulación de modelo de agua subterránea, (método FDM), se prevé que los abatimientos máximos de ambos sistemas acuíferos al año 2000, cuando se terminaría el desarrollo de agua rural, sean de 7 y 9 m, respectivamente. El resultado de la simulación debería reflejarse en un diseño de profundidad de instalación y salto de bombas para los pozos de producción planificados.

15.- Calidad del agua: En los depósitos de abanico aluvial que se extienden al nordeste o noroeste del Area de Estudio, se observa que las concentraciones de iones inorgánicos del agua freática son relativamente bajas y que



el agua es adecuada para su uso potable. En el área centro-norte de la cuenca, en caso de los depósitos lacustres diluviales, el agua confinada es inadecuada para usos potables debido a la gran concentración de ión amonio resultante del entorno anaerobio, mientras que en el extremo sur y área marginal de la cuenca, el agua confinada presenta bajas concentraciones de iones incluso en los depósitos lacustres diluviales, lo que indica es adecuada para el uso potable.

D.- Proyecto de desarrollo del suministro de agua rural

16.- Plan de desarrollo del sistema de suministro de agua

- 1) Plan de agua: Como resultado del estudio actual, se estima que el desarrollo de nuevos pozos para el suministro de agua rural debería ser ejecutado urgentemente para hacer frente a las necesidades de agua de los habitantes rurales. La urgente necesidad de suministro de agua rural exige establecer un plan de desarrollo inmediato, que se integrará con un plan matriz a largo plazo. Consiguientemente, se propone un plan de desarrollo etapado, en tres etapas, con años objetivo de 1993, 1996 y 2000, suponiendo el comienzo del proyecto en 1990.
- 2) Demanda de agua: En el Plan Nacional (ver párrafo 1), la demanda per cápita de los habitantes rurales y la cobertura de la población rural se establecen en 50 lcd en la etapa inicial y 90% de la población rural, respectivamente. En este estudio, sus criterios se aplican también al desarrollo de sistemas futuros en 1993 como parte del plan matriz. Además, las demandas per cápita para proyección futura en 1996 y 2000 se establecen en 80 y 100 lcd, respectivamente, teniendo en cuenta la experiencia/práctica en países en vías de desarrollo similares y el mejoramiento previsto del nivel de vida de los habitantes rurales en el Área de Estudio. Por consiguiente, la demanda de agua en cada año objetivo se estima como sigue:

	Primera Etapa	Segunda Etapa	Tercera Etapa	Total
Año objetivo	1990-1993	1994-1996	1997-2000	1990-2000
Población rural				
Total	57,572	62,814	70,700	70,700
Servida *1	51,800	56,500	63,600	63,600
Demanda de agua				
en l/c/d	50	80	100	100
en m <sup>3</sup> /d	2,590	4,520	6,360	6,360
Tipo de sistema y capacidad (m <sup>3</sup> /d)*2				
Tipo I	504 (60)	168 (20)	Deberá ser pla-	672 (80)
Tipo II	0 (0)	360 (10)	neado y ejecuta	360 (10)
Tipo III	2,112 (22)	1,440 (15)	do por MSP.	3,552 (37)
	2,616 (82)	1,968 (45)	-- (--)	4,584(127)

Nota: \*1 Población servida = población total x 0.9 (90%)

\*2 Capacidad significa la capacidad de producción del sistema y figuras en el paréntesis son el número de unidades.

3) Plan de desarrollo de instalaciones: En cuanto al tipo de sistema de suministro de agua rural futura, los siguientes sistemas son objeto de diseño y recomendación preliminares, para aplicar según el tamaño y situación de la comunidad rural:

Tipo I : Fuente de punto de pozo profundo, D4", profundidad 50-100 metros, dotada de una bomba cilíndrica manual. El sistema debe atender al menos a 8 viviendas, unos 40-50 habitantes.

Tipo II : Fuente de punto de pozo profundo, D6", profundidad 50-100 metros, dotada de una bomba eléctrica a motor y cisterna de agua en superficie. Este sistema abarcaría 20-50 viviendas, unos 100-300 habitantes.

Tipo III: Fuente de punto de pozo profundo, D6", profundidad 50-100 metros, dotada de una bomba eléctrica a motor y cisterna de agua en superficie que pueda abastecer a algunas subcisternas alejadas. Este sistema abarcaría un máximo de 100 viviendas, unos 500-600 habitantes.

En cumplimiento del plan matriz de suministro de agua propuesto y el plan de instalaciones, el desarrollo de instalaciones en la primera y segunda etapas se programa según la tabla anterior.

17.- Costo y beneficio: El costo de construcción se estima en Lps. 29.88 millones (equivalentes a US\$ 14.94 millones) para la primera etapa de construcción de 1990-1993, y del Lps. 24.09 millones (equivalente a US\$ 12.05 millones) para la segunda etapa, 1994-1996. En el caso de la construcción de la primera etapa, Lps. 21.16 millones, 71 % es en divisa extranjera y Lps. 8.72 millones, 29 %, es en divisa nacional. En la segunda etapa, Lps. 15.08 millones, 63 %, es divisa extranjera, y Lps. 9.01 millones, 37 %, es divisa nacional. Por otra parte, el beneficio económico se estima en Lps. 2.81 millones en 1994 y Lps. 4.08 millones en 1997, y en adelante en la misma suma que 1997 cada año durante el período de vida previsto del proyecto. Por tanto, la tasa de rendimiento económico interno (EIRR) se calcula en 9 %.

18.- Consideraciones debidas en la implementación del proyecto: El plan de construcción y el programa de implementación del proyecto se preparan suponiendo que todos los trabajos de construcción serán llevados a cabo por contratistas seleccionados por licitación competitiva internacional. Sin embargo, se recomienda que se incluya y realice un programa de formación técnica del personal gubernamental sobre desarrollo de sistemas de suministro de agua durante las obras de construcción de 1991 a 1996, para que puedan realizar la construcción de la tercera etapa por sí mismos, y para capacitarlos con el fin de que puedan realizar los trabajos de operación y mantenimiento (O&M). Por consiguiente, también se incorpora al proyecto el suministro del equipo y herramientas necesarios, inclusive perforadoras, para la construcción y los trabajos de O&M, que finalmente serían cedidos al MPH después de la construcción de las dos primeras etapas. Por otra parte, se recomienda que la organización actual de suministro de agua rural sea reforzada tanto en cantidad como en calidad para hacer frente a la operación y mantenimiento (O&M) del sistema de suministro de agua rural de nuevo desarrollo.

19.- Impacto socioeconómico: Se prevé que el proyecto produzca diversos efectos tangibles e intangibles. He aquí algunos de los más importantes:

- 1) La reducción de carga de transporte de agua, además del efecto económico del ahorro de tiempo, produciría una reducción de la carga física

y moral de las mujeres, y los niños ganarían tiempo para asistir a la escuela.

- 2) Según las estadísticas de la OMS, las muertes causadas por las enfermedades transmitidas por el vector agua representan 5%-10% de los casos por enfermedad en los países en vías de desarrollo. Por tanto, la reducción de los casos de enfermedades transmitidas por el vector agua conducirá naturalmente a la reducción del número de fallecimientos, especialmente en cuanto a la mortalidad infantil. Como resultado, se prolongará la esperanza de vida media de la población.
- 3) Un suministro seguro y adecuado de agua potable a la población rural arrojaría impactos significativos en el mejoramiento de la salud y la limpieza doméstica y personal en el Area de Estudio.
- 4) La implementación del proyecto crearía una oportunidad de empleo para los habitantes en el Area de Estudio y sus alrededores durante el período de la construcción.
- 5) Una inversión de aproximadamente Lps. 37 millones (inclusive divisa extranjera) para la construcción de pozos tendría un efecto estimulativo del desarrollo socioeconómico del Area de Estudio.

20.- Recomendación y conclusión: El proyecto tiene un carácter de cobertura de necesidades humanas básicas y es económicamente viable; además, se prevé que el proyecto realice una contribución significativa al desarrollo de la socioeconomía y al mejoramiento de la salud y las condiciones sanitarias del Area de Estudio. Por consiguiente, se recomienda la realización del proyecto a la mayor brevedad.



## INDICE

	<u>Página</u>
CAPITULO 1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO .....	1
1.1 Situación General de Honduras .....	1
1.1.1 Condiciones naturales .....	1
1.1.2 Socioeconomía nacional .....	2
1.1.3 Plan de desarrollo nacional .....	6
1.2 Suministro de Agua en Honduras .....	7
1.2.1 Suministro de agua del Ministerio de Salud Pública ..	7
1.2.2 Suministro de agua de SANAA .....	8
1.2.3 Situación actual del Área rural .....	9
1.3 Perfil de la Petición .....	10
1.4 Estudio Preliminar .....	11
CAPITULO 2. ACTIVIDADES DEL PROYECTO .....	13
2.1 Programa de Trabajos y Organización .....	13
2.1.1 Programa de trabajos .....	13
2.1.2 Organización y personal .....	14
2.2 Equipo Suministrado por JICA .....	14
2.3 Informes y Minutas de Reunión .....	15
2.4 Transferencia Tecnológica .....	17
CAPITULO 3. PERFIL DEL AREA DE PROYECTO .....	19
3.1 Situación General .....	19
3.1.1 Situación y administración .....	19
3.1.2 Situación socioeconómica .....	20
3.1.3 Uso de la tierra y utilización del agua .....	21
3.1.4 Suministros de agua .....	25
3.1.5 Salud .....	25

3.2	Estado Fisiográfico .....	29
3.2.1	Clima .....	29
3.2.2	Geografía .....	30
3.2.3	Geología general .....	30
CAPITULO 4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION .....		32
4.1	Hidrogeología .....	32
4.1.1	Topografía .....	32
4.1.2	Geología .....	33
4.1.3	Exploración geofísica .....	38
4.1.4	Perforación de pozo de prueba .....	41
4.1.5	Prueba de bombeo .....	43
4.1.6	Sistema de acuífero .....	46
4.1.7	Uso del agua subterránea y nivel de agua subterránea	48
4.1.8	Calidad del agua .....	52
4.2	Meteorohidrología y Balance de Agua .....	59
4.2.1	Meteorología .....	59
4.2.2	Hidrología .....	61
4.2.3	Estudio de escorrentía .....	63
4.2.4	Simulación de modelo de agua subterránea .....	65
CAPITULO 5. PROGRAMA DE DESARROLLO DE SUMINISTRO DE AGUA .....		69
5.1	Plan de desarrollo de aguas subterráneas .....	69
5.1.1	Requisitos de aguas subterráneas para el suministro de agua a las zonas rurales .....	69
5.1.2	Plan de desarrollo de aguas subterráneas .....	69
5.1.3	Diseño del pozo normalizado .....	70
5.2	Plan Matriz de Suministro de Agua .....	71
5.2.1	Proyección de la población rural .....	71
5.2.2	Demanda de unidades de agua y demanda proyectada de agua del sistema .....	72

5.3	Plan matriz de desarrollo de instalaciones .....	72
5.3.1	Tipos normalizados del sistema de suministro de agua rural .....	72
5.3.2	Desarrollo de instalaciones propuesto .....	73
5.3.3	Plan de situación de fuente de pozo .....	75
5.4	Estimaciones de Costos del Proyecto .....	76
5.4.1	Condiciones básicas .....	76
5.4.2	Costo de construcción .....	77
5.4.3	Programa de desembolsos .....	77
5.4.4	Costo de operación y mantenimiento .....	77
5.5	Evaluación Económica .....	78
5.5.1	Condiciones generales de la evaluación económica ....	78
5.5.2	Costo económico .....	79
5.5.3	Beneficio económico .....	80
5.5.4	Análisis de costo-beneficio .....	87
5.5.5	Resumen de la evaluación económica .....	88
CAPITULO 6. PROGRAMA DE IMPLEMENTACION DEL PROYECTO .....		91
6.1	Organización del Proyecto .....	91
6.1.1	Organización de la unidad ejecutora para el proyecto de abastecimiento de agua .....	91
6.1.2	Organización para operación y mantenimiento .....	95
6.2	Alcance de los Trabajos .....	96
6.3	Programa de Implementación .....	97
6.3.1	Generalidades .....	97
6.3.2	Programa de implementación .....	97
6.3.3	Plan de construcción .....	99
6.4	Procedimientos de Adquisición de Materiales de Construcción y Equipos .....	100
6.4.1	Materiales de construcción .....	100
6.4.2	Equipo .....	101
6.4.3	Procedimiento de adquisición .....	102
6.5	Programa y Procedimiento de Operación y Mantenimiento .....	102



## LISTA DE CUADROS

	<u>Página</u>
Cuadro 1.1.1	AREA, POBLACION, Y DENSIDAD DE POBLACION SEGUN LOS CENSOS DE POBLACION DE 1961, 1974 Y 1988 (TODO EL PAIS) ..... 106
Cuadro 1.1.2	PRODUCTO INTERIOR BRUTO (PIB) Y PRODUCTO NACIONAL BRUTO (PNB), 1984 - 1987 ..... 107
Cuadro 1.1.3	EXPORTACIONES (FOB), 1982 - 1987 ..... 108
Cuadro 1.1.4	IMPORTACIONES (CIF), 1982 - 1987 ..... 109
Cuadro 1.1.5	BALANZA DE PAGOS INTERNACIONALES, 1982 - 1987 ..... 109
Cuadro 1.1.6	INGRESOS Y GASTOS DEL GOBIERNO CENTRAL, 1982 - 1987 .. 110
Cuadro 1.2.1	SUMINISTRO DE AGUA ACTUAL EN EL AREA DE ESTUDIO ..... 111
Cuadro 1.2.2	CONSUMO DE AGUA/ANALISIS DE CONSUMO PER CAPITA ..... 112
Cuadro 2.1.1	CANTIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIONES DE CAMPO ..... 113
Cuadro 2.4.1	ASIGNACION DE INGENIEROS DE LA CONTRAPARTE MPH ..... 114
Cuadro 3.1.1	AREA Y POBLACION SEGUN CENSOS DE POBLACION DE 1961, 1974 Y 1988 (AREA DEL ESTUDIO) ..... 115
Cuadro 3.1.2	POBLACION EN AREAS URBANAS Y RURALES SEGUN LOS CENSOS DE 1974 Y 1988 ..... 116
Cuadro 3.1.3	POBLACION, NUMERO DE VIVIENDAS OCUPADAS, Y NUMERO MEDIO DE HABITANTES POR VIVIENDA, CENSOS DE 1974 Y 1988 .... 117
Cuadro 3.2.1	SECUENCIA GEOLOGICA NORMALIZADA DE HONDURAS ..... 118
Cuadro 4.1.1	DATOS DE CAMPO Y RESULTADOS DE ANALISIS DE LA EXPLORACION VLF (1) - (3) ..... 119-121
Cuadro 4.1.2	SUMARIO DE LA SECUENCIA DE CAPAS DE RESISTIVIDAD ..... 122
Cuadro 4.1.3	RESULTADO DE PERFORACION DE ORIFICIOS DE OBSERVACION Y POZOS DE PRUEBA ..... 123
Cuadro 4.1.4	TIEMPOS DE OPERACION DE PERFORACIONES PARA ORIFICIOS DE OBSERVACION Y POZOS DE PRUEBA ..... 124
Cuadro 4.1.5	CANTIDAD DE TUBERIAS Y PANTALLAS DE REVESTIMIENTO INSTALADAS ..... 125
Cuadro 4.1.6	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE BOMBEO DE LOS POZOS DE PRUEBA RECIEN TALADRADOS (1) - (3) ..... 126-127
Cuadro 4.1.7	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE BOMBEO DE LOS POZOS DE PRUEBA ANTERIORMENTE TALADRADOS ..... 128
Cuadro 4.1.8	TEMPERATURA Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DE LAS AGUAS SUPERFICIALES/SUBTERRANEAS (1) - (4) ..... 129-132

Cuadro 4.1.9	INVENTARIO DE LOS POZOS EXISTENTES EN LA CUENCA DE COMAYAGUA (1) - (9) .....	133-141
Cuadro 4.1.10	RESULTADOS DE LA OBSERVACION SIMULTANEA DE NIVEL DE AGUA SUBTERRANEA (1) - (5) .....	142-146
Cuadro 4.1.11	RESULTADOS DE ANALISIS CUALITATIVOS DEL AGUA REALIZADOS EN LA ESTACION LLUVIOSA (1) - (3) (MEDIADOS DE JUNIO DE 1988) .....	147-149
Cuadro 4.1.12	RESULTADOS DE ANALISIS CUALITATIVOS DEL AGUA REALIZADOS EN LA ESTACION SECA (1) - (3) (FINALES DE ENERO DE 1989) .....	150-152
Cuadro 4.1.13	CALIDAD DEL AGUA DE LOS POZOS DE PRUEBA .....	153
Cuadro 4.1.14	COMPOSICION CATIONICA DE MUESTRAS DE AGUA .....	154
Cuadro 4.1.15	COMPOSICION ANIONICA DE MUESTRAS DE AGUA .....	155
Cuadro 4.1.16	CONSTITUYENTES CATIONICOS PORCENTUALES .....	156
Cuadro 4.1.17	CONSTITUYENTES ANIONICOS PORCENTUALES .....	157
Cuadro 4.1.18	RELACION ENTRE CONDUCTANCIA ELECTRICA Y CONCENTRACION TOTAL DE SUSTANCIAS IONICAS .....	158
Cuadro 4.2.1	DESCRIPCION DE DATOS METEOROHIDROLOGICOS .....	159
Cuadro 4.2.2	CARACTERISTICAS METEOROLOGICAS EN EL AREA DE ESTUDIO .	160
Cuadro 4.2.3	RESULTADO DE LA MEDICION DE ESCORRENTIA .....	161
Cuadro 4.2.4	AREA REAL MENSUAL DE CULTIVOS Y USO DEL AGUA EN 1987 (1) - (3) .....	162-164
Cuadro 4.2.5	RESULTADO DEL ESTUDIO DE ESCORRENTIA MEDIANTE LA SIMULACION DE MODELO EN TANQUE .....	165
Cuadro 4.2.6	COMPARACION ENTRE LA ESCORRENTIA OBSERVADA Y LA CALCULADA .....	166
Cuadro 4.2.7	BALANCE DE AGUA SUPERFICIAL Y SUBTERRANEA MEDIANTE SIMULACION DE MODELO EN TANQUE .....	167
Cuadro 5.2.1	PROYECCION DE POBLACION DE LOS MUNICIPIOS EN EL AREA DE ESTUDIO .....	168
Cuadro 5.2.2	PROYECCION DE LA POBLACION RURAL EN EL AREA DE ESTUDIO (1) - (2) .....	169-170
Cuadro 5.2.3	POBLACION ATENDIDA PREVISTA PARA EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA RURAL EN EL AREA DE ESTUDIO .....	171
Cuadro 5.2.4	DEMANDAS DE AGUA ACTUALES Y FUTURAS .....	171
Cuadro 5.3.1	AREA PLANIFICADA Y TIPO DE SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA RURAL (1) - (2) .....	172-173
Cuadro 5.4.1	DESGLOSE DEL COSTO DE CONSTRUCCION .....	174

Cuadro 5.4.2	PROGRAMA DE DESEMBOLSOS ANUALES .....	175
Cuadro 5.4.3	COSTOS DE OPERACION Y MANTENIMIENTO .....	176
Cuadro 5.5.1	CASOS DE ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTOR AGUA Y POBLACION SIN AGUA O SANEAMIENTO SEGUROS EN PAISES EN VIAS DE DESARROLLO, 1985 .....	177
Cuadro 5.5.2	FLUJO ANUAL DE COSTOS Y BENEFICIOS ECONOMICOS .....	178
Cuadro 6.2.1	COMPONENTE DE INSTALACIONES DE SUMINISTRO DE AGUA ....	179

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Fig. 1.1.1	MAPA DE UBICACION GENERAL ..... 180
Fig. 2.1.1	ORGANIGRAMA GENERAL DE TRABAJOS ..... 181
Fig. 2.1.2	PROGRAMA DE TRABAJOS DETALLADO ..... 182
Fig. 2.1.3	PROGRAMA DE ASIGNACIONES ..... 183
Fig. 2.1.4	ORGANIZACION DEL PROYECTO ..... 184
Fig. 4.1.1	MAPA TOPOGRAFICO DEL AREA DE ESTUDIO ..... 185
Fig. 4.1.2	MAPA GEOLOGICO DEL AREA DE ESTUDIO ..... 186
Fig. 4.1.3	RESULTADOS DE LA EXPLORACION ELECTROMAGNETICA VLF (1) - (2) ..... 187-188
Fig. 4.1.4	MAPA DE UBICACION DE LOS PUNTOS DE SONDEO ELECTRICO ... 189
Fig. 4.1.5	PERFIL DE RESISTIVIDAD (1) - (4) ..... 190-193
Fig. 4.1.6	MAPA DE SITUACION DE LAS INVESTIGACIONES DE CAMPO ..... 194
Fig. 4.1.7	PROGRAMA DE TRABAJO DE LA PERFORACION DEL POZO DE PRUEBA ..... 195
Fig. 4.1.8	RESULTADO DE PERFORACION DE POZOS (1) - (10) ..... 196-205
Fig. 4.1.9	MAPA DE TRANSMISIVIDAD DEL AGUA SUBTERRANEA PROFUNDA .. 206
Fig. 4.1.10	MAPA DE UBICACION DE LOS POZOS EXISTENTES ..... 207
Fig. 4.1.11	VOLUMEN DE PRODUCCION DE AGUA SUBTERRANEA ACTUAL ..... 208
Fig. 4.1.12	MAPA DE NIVEL DE AGUA SUBTERRANEA ..... 209
Fig. 4.1.13	HIDROGRAFO DE POZO EXISTENTE (1)-(6) ..... 210-215
Fig. 4.1.14	MAPA EC DEL AGUA SUBTERRANEA ..... 216
Fig. 4.2.1	MAPA DE SITUACION DE LAS ESTACIONES METEOROHIDROLOGICAS 217
Fig. 4.2.2	PRECIPITACION LLUVIOSA MENSUAL DE ESTACIONES REPRESENTATIVAS ..... 218
Fig. 4.2.3	ASIGNACION DE AREAS POR POLIGONO DE THIESSEN ..... 219
Fig. 4.2.4	PRECIPITACION DIARIA ESTIMADA DE LA CUENTA Y ESCORRENTIA DIARIA OBSERVADA (1) - (4) ..... 220-223
Fig. 4.2.5	SITUACION DE LOS PUNTOS DE MEDICION DE ESCORRENTIA .... 224
Fig. 4.2.6	MAPA DE USOS DEL SUELO DE LA CUENCA DE COMAYAGUA ..... 225
Fig. 4.2.7	MODELOS DE TANQUE APLICADOS PARA EL ESTUDIO DE ESCORRENTIA ..... 226
Fig. 4.2.8	HIDROGRAFO SIMULADO POR EL MODELO LAS HIGUERAS (1) - (4) ..... 227-230

Fig. 4.2.9	HIDROGRAFO SIMULADO POR EL MODELO LA ENCANTADA (1) - (4) .....	231-234
Fig. 4.2.10	MAPA DE NIVEL DE AGUA SUBTERRANEA SIMULADO (1)-(4).	235-238
Fig. 4.2.11	MAPA DE CAPTACIONES (1) - (2) .....	239-240
Fig. 5.1.1	VOLUMEN DE DESARROLLO FUTURO DE AGUAS SUBTERRANEAS (1) - (2) .....	241-242
Fig. 5.1.2	POZO DE TUBO NORMALIZADO PARA EL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA RURAL .....	243
Fig. 5.2.1	PROYECCION DE POBLACION PARA EL AREA DE ESTUDIO .....	244
Fig. 5.2.2	DEMANDA DE AGUA Y POBLACION ATENDIDA FUTURAS .....	245
Fig. 5.3.1	PLAN GENERAL DE INSTALACION DE SUMINISTRO DE AGUA - TIPO I - .....	246
Fig. 5.3.2	PLAN GENERAL DE INSTALACION DE SUMINISTRO DE AGUA - TIPO II - .....	247
Fig. 5.3.3	PLAN GENERAL DE INSTALACION DE SUMINISTRO DE AGUA - TIPO III - .....	248
Fig. 5.3.4	PLAN GENERAL DE INSTALACION DE SUMINISTRO DE AGUA - SALA DE BAÑO TIPICA - (1) - (2) .....	249-250
Fig. 5.3.5	PLAN GENERAL DE INSTALACION DE SUMINISTRO DE AGUA - GRIFO PUBLICO - .....	251
Fig. 5.3.6	MAPA DE SITUACION DEL AREA PLANIFICADA Y FUENTE DE POZOS PARA DESARROLLO DE SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA .....	252
Fig. 6.1.1	ORGANIGRAMA GENERAL .....	253
Fig. 6.3.1	PROGRAMA DE IMPLEMENTACION .....	254
Fig. 6.5.1	ORGANIGRAMA O&M PROPUESTO .....	255

## CAPITULO 1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

### 1.1 Situación General de Honduras

#### 1.1.1 Condiciones naturales

La República de Honduras está situada en la parte central de Centroamérica, y se extiende entre los 13°0' y 16°0' de latitud norte y los 83°10' y 89°25' de longitud oeste. Está rodeada por el Mar Caribe y el Golfo de Honduras (en unos 600 km) al norte, Nicaragua al este y sur, el golfo de Fonseca y el Océano Pacífico (en unos 70 km) al sur, El Salvador al sudoeste y Guatemala al oeste (ver Fig. 1.1.1).

Honduras tiene una superficie de 112,088 km<sup>2</sup>. Salvo las llanuras costeras al nordeste y sur, es un país montañoso (65% de la superficie total), boscoso y generalmente fértil. De todos modos, el país carece de picos elevados, y la máxima altura es de sólo de 2,590 m (Cerros de Culmi). Las mesetas y cuencas entre las montañas presentan óptimas condiciones naturales y han formado muchas aldeas y ciudades como centros de industrias agrícolas y forestales en las respectivas regiones, mientras que las tierras bajas orientales presentan condiciones desfavorables, con diversos pantanos, y han sido relegadas en su desarrollo.

La mayor parte del país se encuentra sobre un bloque geotectónico relativamente estable, el macizo de Honduras, que consta de roca cristalina, metasedimentos, e intrusiones de la era pre-mesozoica. Se dice que estas rocas basales se formaron en el período paleozoico o quizá en parte en el pre-cámbrico. Afloran en la región septentrional debido al gradiente sur de la región, y están cubiertas por sedimentos marinos cretácicos (calizas y tobas), y sucesivamente por diversas secuencias de materiales volcánicos terciarios y cuaternarios.

El clima de Honduras puede clasificarse a grandes rasgos en dos categorías por situación geográfica: altiplanos y llanuras. El clima de la altiplanicie, por ejemplo, está representado por Tegucigalpa (900 m sobre el nivel medio del mar) situada en el área central montañosa, y el clima del llano por San Pedro Sula (60 m sobre el nivel medio del mar) en el área

costera caribeña. Por otra parte, el clima se divide en dos estaciones: una estación lluviosa, de junio a noviembre, y una estación seca de diciembre a mayo.

La precipitación anual es de 1,200 mm en Tegucigalpa y de 1,400 mm en San Pedro Sula, y ocurre en su 80% y 70%, respectivamente, durante la estación lluviosa. La temperatura anual media es de 22° C en Tegucigalpa y de 26° C en San Pedro Sula, y la media mensual en Tegucigalpa presenta la máxima de 24° C en mayo y la mínima de 20° C en diciembre, y en San Pedro Sula una máxima de 28° C en Mayo y una mínima de 23° C en diciembre. La humedad relativa media mensual en Tegucigalpa es de 75% en la estación lluviosa y 67% en la estación seca, y en San Pedro Sula presenta una tasa elevada de 85% tanto en la estación lluviosa como en la seca.

#### 1.1.2 Socioeconomía nacional

La República de Honduras es uno de los países centroamericanos en mutua cooperación económica a través del Mercado Común Centroamericano (CACM). Entre ellos, Honduras es el segundo mayor por extensión y el tercero por población, mientras que el producto nacional bruto (PNB) per cápita es el menor de todos ellos debido a que la relación del sector agrícola con el PNB es la máxima de todos estos países. Por ello, el gobierno se ha esforzado por mejorar la estructura económica desde el decenio de 1950, y la situación económica va mejorando gradualmente.

La República de Honduras mantiene la separación entre los poderes ejecutivo, legislativo y judicial, y la administración nacional corre a cargo de diez ministerios (ver Sección 3.1, Apéndice A). El país se divide en 18 departamentos de administración regional bajo la jurisdicción del gobierno central, y cada departamento consta de municipios que arrojan un total de 289 municipios en todo el país.

Honduras tiene una población de aproximadamente 4,377,000 personas en 1988, y su tasa de crecimiento presenta un elevado coeficiente de 3,63% al año durante el período entre los censos de 1974 y 1988. Mientras que la densidad de población presenta una cifra muy baja, 39 personas por km<sup>2</sup> en 1988, especialmente en la región oriental, retrasada en su crecimiento

económico, es inferior a 10 habitantes por km<sup>2</sup>; por consiguiente, el elevado crecimiento de la población parece ser favorable a Honduras, sujeto ello a la promoción del desarrollo económico.

Tegucigalpa, la capital, cuya población es de 600,000 almas en 1988, y su zona circundante forman el centro político, administrativo y comercial de Honduras. Por otra parte, San Pedro Sula, segunda ciudad en importancia, tiene una población de aproximadamente 320,000 personas, y está desarrollándose como principal zona industrial de Honduras (ver Cuadro 1.1.1). Los detalles de población se comentan en la Sección 3.2, Apéndice A.

Honduras es un país agrícola tradicional, donde con relación a la mano de obra el sector agrícola absorbe alrededor de un 60% de la totalidad del sector industrial. La mayor parte de la producción agrícola consiste en productos tropicales como maíz, frijoles, arroz, café, plátanos, caña de azúcar, algodón y tabaco. Entre ellos, el maíz, los frijoles y el arroz se consumen principalmente en Honduras como alimentación básica de la población, y las cosechas de café, plátanos, caña de azúcar, algodón y tabaco son importantes como mercancías de exportación más que para consumo interno. Actualmente, estos bienes de exportación han representado casi el 70% de las exportaciones totales de Honduras.

Además de la producción agrícola, Honduras tiene una extensa industria ganadera de bovino, que aprovecha los amplios pastizales. Se han sacrificado más de 200,000 cabezas de ganado vacuno cada año para usos alimentarios, inclusive la exportación de carne congelada que alcanza unos 40 millones de Lempiras.

La industria hondureña está representada por una agroindustria que utiliza el maíz, la caña de azúcar, diversas frutas, etc., y los productos industriales de barras de hierro, cemento, cerillas y otros se producen en algunas fábricas de escala pequeña y media. En Honduras no existe industria a gran escala digna de mención, y la productividad industrial es también relativamente baja. Estas son algunas de las causas del poco desarrollo de la economía nacional. Se comentan detalles de la producción agrícola e industrial en la Sección 2.2 del Apéndice A.



El producto interior bruto (PIB) y el producto nacional bruto (PNB) de Honduras fueron de Lps. 7,060 millones y Lps. 7,654 millones, respectivamente, y durante el período 1984-1987 las tasas de crecimiento anual real fueron de 2,9% y 3,2% respectivamente. Como resultado, el PNB per cápita se estimó en Lps. 1,889, y el crecimiento real presentaba una tasa baja, de 0,2% anual durante el citado período. Esto muestra que el nivel de vida de los hondureños ha mejorado poco económicamente estos últimos años (ver Cuadro 1.1.2). Se comentan los detalles del PNB y PIB en la Sección 2.1, Apéndice A.

Las exportaciones de Honduras se elevaron a unos Lps. 1,650 millones en 1987, a un crecimiento anual de 4,8% durante el período 1982-1987, y en su mayor parte se trató de productos primarios y secundarios agrícolas. Por otra parte, las importaciones ascendieron a unos Lps. 1,800 millones en 1987, al mismo ritmo de crecimiento que las exportaciones del período citado. Más del 90% de las importaciones fueron bienes necesarios para la vida cotidiana y las actividades sociales y económicas generales del pueblo hondureño. En Honduras, las importaciones han superado a las exportaciones cada año, y estos déficit comerciales han sido la causa principal que ha creado la situación desfavorable en los pagos internacionales (ver Cuadros 1.1.3 y 1.1.4). Los detalles del comercio exterior se comentan en la Sección 2.3, Apéndice A.

En la balanza de pagos internacional de Honduras que se indican en el Cuadro 1.1.5, la cuenta de servicios también presentaba un déficit cada año, adicional a los déficits comerciales. Por consiguiente, la balanza de pagos por cuenta corriente estaba siempre en déficit, aunque algunas partes del déficit eran suplementadas con la cuenta de transferencia. Este balance desfavorable de la balanza por cuenta corriente ha sido suplementado por la cuenta de capital que incluía los préstamos y subvenciones exteriores, para mantener la balanza de pagos internacionales cada año. Como resultado, la deuda externa ha ido acumulándose año tras año.

El presupuesto gubernamental en 1987 ascendió a Lps. 2,370 millones, correspondiente al 31% del PNB, a una tasa de crecimiento anual de 9,8% durante el período 1982-1987. El presupuesto de salud pública correspondía al 10-11% del presupuesto gubernamental anual, y ascendía a Lps. 234

millones en 1988. De los ingresos del gobierno, los ingresos fiscales y por deuda representaban el 47% y el 33%, respectivamente. En 1987, los ingresos por deuda superaron la amortización de la deuda en Lps. 330 millones. Si bien semejante balanza de deuda desfavorable en cada año tendía hacia su reducción desde 1985, la deuda acumulada seguía aumentando (ver Cuadro 1.1.6). Los detalles financieros gubernamentales se discuten en la Sección 2.5, Apéndice A.

Los precios al mayor y al detalle en Honduras experimentaron una relativa estabilización durante el período 1982-1987, a una tasa de elevación anual de 2,56% y 4,54%, respectivamente. Tal estabilización de los precios fue la única condición favorable para la situación de vida del pueblo, en medio de una inestabilidad social debida al poco crecimiento de la economía nacional. Por otra parte, el empleo se encontraba en una situación insatisfactoria. La tasa de desempleo era en Tegucigalpa del 12% según las estadísticas de 1987, mientras que se decía que la tasa de desempleo en la totalidad del país era de hasta un 30%, porque las oportunidades de empleo de los habitantes de las zonas rurales eran muy inferiores a las existentes en áreas urbanas densas como Tegucigalpa. Detalles de precios y salarios se comentan en la Sección 2.6, Apéndice A.

A partir de la exposición anterior, resumimos las características estructurales de la economía hondureña como sigue:

- (1) Durante el período 1982-1987, Honduras presentó una elevada tasa de crecimiento comparativo de la población; de todos modos, la densidad de población era muy baja, especialmente en la región oriental;
- (2) Las industrias fabriles, salvo el sector agrícola, mantuvieron un bajo crecimiento y una insignificante creación de nuevos puestos de trabajo;
- (3) Como resultado, el PNB, y particularmente, el PNB per cápita presentaron un crecimiento real bajo;

- (4) La balanza internacional de pagos y las finanzas gubernamentales han sido equilibradas suplementándolas con deuda interna y externa en cuanto a sus déficits; y
- (5) A pesar de la situación económica desfavorable, los precios al por mayor y al detalle se han mantenido estables.

### 1.1.3 Plan de desarrollo nacional

El Informe de la Secretaría de Planificación, Coordinación y Presupuesto (SECPLAN) indica que las características socioeconómicas de Honduras durante el período 1975-1985 estarían representadas por: (1) un bajo nivel de desarrollo económico; (2) desequilibrio de las finanzas gubernamentales; (3) disparidad de nivel socioeconómico entre las regiones; (4) desempleo; y (5) necesidades de beneficencia social no satisfechas. Como principales objetivos de mejora de tal situación desfavorable, en 1985 el gobierno formuló un plan denominado "Plan de Desarrollo Nacional 1987-1990".

El objetivo fundamental del Plan es crear condiciones de vida cómodas para el pueblo a través del máximo crecimiento económico y la óptima distribución de ingresos. Para lograr este objetivo, el Plan establece los cinco objetivos principales siguientes:

- (1) crecimiento estabilizado continuo de la economía nacional,
- (2) equilibrio de las finanzas gubernamentales y balanza de pagos exteriores,
- (3) creación de empleo,
- (4) seguridad del nivel de vida necesario del pueblo, y
- (5) desarrollo regional integrado.

Durante el período de este Plan, la tasa de crecimiento real anual de la economía de Honduras se prevé que sea 4,3% del PNB y 1,1% del PNB per cápita, tasas relativamente altas en comparación con las respectivas, 3,2% y 0,2%, del período 1982-1987. Por otra parte, está previsto que el presupuesto gubernamental alcance los Lps. 3,120 millones en 1990, aumentando en 750 millones a partir de los Lps. 2,370 millones de 1987. En uno y otro caso, PNB y presupuesto gubernamental, no resultará difícil lograr cada

objetivo, a juzgar por las condiciones económicas interiores y exteriores de Honduras en la actualidad. Sin embargo, aunque se logaran tales objetivos para 1990, la economía hondureña seguiría estando en una grave situación.

## 1.2 Suministro de Agua en Honduras

### 1.2.1 Suministro de agua del Ministerio de Salud Pública

El gobierno hondureño, con asistencia técnica de la Organización Mundial de la Salud (OMS) había preparado el "Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento" para el período 1983-1990. En respuesta al Plan, el presidente creó un Comité Nacional para el Agua Potable y el Saneamiento (CONAPS) en noviembre de 1983, para coordinar las actividades de las diferentes agencias. El Ministerio de Salud Pública (MPH) y el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA) son las agencias responsables del logro del Plan.

El MPH actúa en las cinco áreas siguientes:

- (1) Construcción de pequeños sistemas rurales de agua y supervisión de su operación y mantenimiento;
- (2) Construcciones de pozos comunales en áreas rurales y supervisión de su operación y mantenimiento;
- (3) Construcción, instalación y control del mantenimiento de letrinas en áreas rurales y en zonas urbanas donde no existe alcantarillado sanitario;
- (4) Sanidad y educación;
- (5) Control de la calidad del agua.

El Programa de Agua Rural y Saneamiento (PRASAR), financiado por la Agencia de Desarrollo Internacional de EE.UU., está siendo llevado a cabo en colaboración con el Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA). Como parte de este programa, el MPH está llevando a cabo obras para comunidades de entre 50 y 500 personas. El trabajo comprende 20,800 letrinas, 54,000 esquemas de suministro de agua municipales, 2,000

pozos comunitarios equipados con bombas manuales, 15 pozos comunitarios accionados a molino de viento, 25 sistemas de gravedad y un programa de educación sanitaria. El trabajo abarca también áreas en las que el SANAA está construyendo sistemas de agua y/o saneamiento.

En cada comunidad, se identifica a un representante de salud honorario que dirige un pequeño equipo administrativo. Son supervisados por promotores de salud que trabajan bajo el mando de 462 Centros de Salud Rurales (CESAR) situados en 238 municipios. Estos promotores de salud a su vez son controlados por coordinadores que trabajan en 29 Centros de Salud con Médico (CESANO) ó Centros Hospitalarios de Area.

La información necesaria para controlar las actividades sectoriales bajo el Plan comienza con la comunidad y pasa a través de los promotores de salud a los coordinadores de área, luego al coordinador de ingeniería de la región, y finalmente a la División de Saneamiento y Agua Potable, a cargo del Directorio de Programas Básicos del Director General.

#### 1.2.2 Suministro de agua de SANAA

Todas las actividades del SANAA están asociadas con el sector de agua potable y saneamiento. Se preocupa del diseño, construcción y operación de los sistemas de agua potable y saneamiento de las áreas rurales y urbanas, y del área metropolitana de Tegucigalpa.

Las áreas objetivo de suministro de agua por parte del SANAA incluyen no sólo grandes ciudades como Tegucigalpa y San Pedro Sula, sino también ciudades y pueblos de más de 500 habitantes. Según las estadísticas, el volumen de suministro de agua en 1987 por parte de SANAA alcanzó los 25.76 MCM, y su tasa de crecimiento fue de 2,1% anual por término medio durante el período de 1983 a 1987. Este agua suministrada fue consumida en una proporción de 17.90 MCM (69%) para uso doméstico, 2.98% (12%) para uso comercial., 0.55 MCM (2%) para uso industrial, y 4.33 MCM (17%) para uso gubernamental.

### 1.2.3 Situación actual del área rural

Los sistemas de suministro de agua actuales en el área de estudio se resumen en el Cuadro 1.2.1. En la actualidad, un 57% aproximadamente de la población total del área de estudio está atendido por sistemas de tuberías operados y gestionados por SANAA y los respectivos municipios. Mientras tanto, el 43% restante de la población total, unos 46,000 residentes, obtienen el agua necesaria para su vida cotidiana de pozos existentes poco profundos y ríos o corrientes próximos. Los caudales fluviales están sujetos a considerables fluctuaciones estacionales, y su volumen es generalmente inadecuado en la estación seca. Grave escases de agua tienen lugar especialmente entre diciembre y abril de cada año.

En el área de estudio, existen unos 170 pozos utilizados por los residentes de la zona para sus necesidades diarias de agua (consulte Sección 4.1). Se ha observado durante la investigación de campo que el agua potable se toma de estos pozos. El agua para aseo personal y colada se utiliza y/u obtiene de arroyos cercanos en muchos lugares, incluso en las áreas municipales urbanizadas dotadas de sistemas de tuberías.

El proyecto de 4 ciudades del SANAA está en marcha, y la totalidad o la mayor parte de la cabecera municipal de La Paz y Cane están cubiertos por dicho proyecto, porque este proyecto incluye la expansión y el desarrollo adicional del suministro de agua urbano para La Paz.

La demanda de agua actual y el consumo per cápita (LPCD) se investigan y analizan utilizando informaciones recopiladas a través de un estudio-encuesta de los residentes locales durante el estudio de campo. En base a esto, se estima consiguientemente un promedio de 20 a 30 l/c/d (litros por persona y día, LPCD) (ver Cuadro 1.2.2).

El MPH ha establecido el objetivo de una proporción de población atendida del 90% de la población total con consumo per cápita de 50 LPCD en todo el país para 1990, según el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento. El sistema actual de suministro de agua para el área rural en el área de estudio es francamente inadecuado para hacer frente a las necesidades diarias medias de agua tanto en calidad como en cantidad, especialmente

durante la estación seca.

Para hacer realidad dicho objetivo del Plan Nacional, se necesita un programa de mejoramiento inmediato del suministro de agua para resolver la lamentable situación actual y para suministrar una cantidad de agua y seguridad suficiente para los habitantes rurales del área de estudio.

### 1.3 Perfil de la Petición

Debido a la insuficiencia del sistema suministro de agua, el agua de ríos, fuentes y pozos poco profundos está siendo utilizada para fines potables y agrícolas. Sin embargo, el uso del agua sin tratamiento sanitario ha causado enfermedades transmitidas por el agua, especialmente en las estaciones secas cuando la sequía ha conllevado circunstancias muy adversas sobre el uso de agua de la población. Por lo tanto, el mejoramiento y el desarrollo de los sistemas de suministro de agua en el área rural son esenciales para elevar el nivel de salud y vida, y deberían emprenderse con alta prioridad.

Según el Plan Nacional, el gobierno ha decidido desarrollar el suministro de agua potable mediante la explotación de las aguas subterráneas en la Región Sanitaria N° 2, que consta de Comayagua, Intibuca y La Paz. El plan de desarrollo inicial formulado por el MPH se resume como sigue:

- Área de proyecto : Región Sanitaria N° 2, compuesta por Comayagua, Intibuca y La Paz.
- Beneficiarios : Población rural que vive en comunidades de menos de 500 habitantes (unos 157,000 en 1990).
- Programa de Desarrollo: 1,250 pozos de 50 m de profundidad. Inicio de construcción en 1986 y final en 1990.

Para lograr el plan propuesto, el gobierno ha solicitado al Gobierno Japonés que proporcione la cooperación financiera y técnica en la puesta en práctica del proyecto. Puesto que se consideraba esencial investigar el potencial de agua subterránea, planificar sistemas de suministro de agua

rurales apropiados y evaluar la factibilidad del proyecto, el Gobierno de Honduras y el Gobierno de Japón han acordado la ejecución del estudio de desarrollo de las aguas subterráneas a nivel de estudio de factibilidad antes de comenzar el trabajo real de construcción del sistema de suministro de agua rural.

#### 1.4 Estudio Preliminar

En respuesta a la petición del Gobierno de Honduras, el Gobierno de Japón destacó al equipo de estudio preliminar integrado por miembros de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), la agencia oficial para programas de cooperación técnica del Japón. Basados en el resultado del estudio preliminar, el alcance de los trabajos en el estudio para el Proyecto de Desarrollo de las Aguas Subterráneas en Comayagua fue preparado y pactado el 6 de noviembre de 1987 entre el Gobierno de Honduras y JICA (según anexo en el Apéndice F). El Estudio fue confiado por JICA al Equipo de Estudio en cooperación con ingenieros de la contraparte (MPH).

Resumimos a continuación el alcance de los trabajos del estudio para el Proyecto de Desarrollo de las Aguas Subterráneas en Comayagua.

- a.- Objetivo del estudio
- b.- Area del estudio
- c.- Alcance del estudio

##### 1) Objetivo del estudio

El objetivo del estudio es

- a. Evaluar el potencial de desarrollo de recursos de aguas subterráneas en Comayagua; y
- b. Transferir tecnología al personal de la contraparte hondureña durante el curso del estudio.



## 2) Area del estudio

El área del estudio abarca el Valle de Comayagua (aproximadamente 470 km<sup>2</sup>) en Comayagua.

## 3) Alcance del estudio

Los conceptos del alcance del trabajo son los siguientes:

- a. Estudio preliminar consistente en la recopilación y revisión de datos.
- b. Estudio de campo, compuesto principalmente por:
  - Reconocimiento del terreno en cada campo, tal como socioeconomía, planificación de sistemas de suministro de agua, meteorohidrología e hidrogeología,
  - Exploración geofísica,
  - Análisis cualitativo del agua,
  - Observación de escorrentías,
  - Estudio de inventario de pozos y observación del nivel de agua subterránea,
  - Perforación de pozos de ensayo y prueba de bombeo, e
  - Instalación de equipos provisionales de suministro de agua.
- c. Estudio global en central, compuesto básicamente de:
  - Evaluación del potencial de aguas subterráneas,
  - Diseño del sistema de suministro de agua rural y formulación del plan matriz de desarrollo del suministro de agua rural, y
  - Evaluación de la factibilidad del proyecto mediante evaluación económica.

## CAPITULO 2. ACTIVIDADES DEL PROYECTO

### 2.1 Programa de Trabajos y Organización

#### 2.1.1 Programa de trabajos

La totalidad del período de trabajo para este proyecto se calcula en 20 meses desde el comienzo de los trabajos preparatorios a comienzos de febrero de 1988, presentando el informe final en septiembre de 1989; dividiéndose básicamente en las siguientes tres (3) etapas:

- (1) Etapa de investigación preliminar : Febrero-88/Marzo-88  
(inclusive período de trabajos preparatorios)
- (2) Etapa de investigación principal : Abril-88/Marzo-89
- (3) Etapa de estudio principal : Junio-89/Septiembre-89.

Además, las etapas de investigación antes citadas se subdividen en las siguientes ocho (8) divisiones de trabajo:

- 1.- Etapa de investigación preliminar
  - (1a) Trabajos preparatorios
  - (1b) Primera Investigación De Campo
- 2.- Etapa de investigación principal
  - (2a) Primer Trabajo en Central
  - (2b) Segunda Investigación De Campo
  - (2c) Segundo Trabajo en Central
  - (2d) Tercera Investigación De Campo
- 3.- Etapa de estudio principal
  - (3a) Estudio global (Tercer Trabajo en Central)
  - (3b) Preparación de informes

Los flujos de trabajo de cada año aparecen en la Fig. 2.1.1 y el programa de tiempos en la Fig. 2.1.2; por su parte, el programa de asignaciones realizadas se expresa en la Fig. 2.1.3. Las cantidades de trabajo ejecutadas durante la investigación de campo se resumen en el Cuadro 2.1.1.

## 2.1.2 Organización y personal

De la necesidad de obtener datos y resultados de estudio fiables, la organización del proyecto se formuló como se indica en la Fig. 2.1.1. Según la organización planificada, los trabajos de investigación de campo fueron llevados a cabo por expertos de JICA e ingenieros de la contraparte (MPH).

En la etapa de estudio principal, se realizó el trabajo de perforación de pozos de prueba, inclusive sistema de suministro de agua provisional, por un contratista local, seleccionado por el equipo de estudio de JICA, bajo la supervisión y asistencia técnica del equipo (ver Fig. 2.1.4).

El equipo de estudio de JICA, dirigido por su jefe el Dr. N. Miyamoto, se compone de ocho expertos destacados al lugar de los trabajos como se indica en la Fig. 2.1.3.

## 2.2 Equipo Suministrado por JICA

De acuerdo con el alcance del estudio, JICA preparó y/o suministró el siguiente equipo:

1) Instrumento para estudio de resistividad eléctrica:	1
2) Registrador automático de nivel de agua:	5
3) Equipo portátil de ensayo químico de aguas:	1
4) Vehículos:	2
5) Microordenador:	1
6) Copiadora:	1
7) Conductímetro eléctrico:	1

Además del equipo anterior, el equipo de estudio de JICA preparará temporalmente los siguientes instrumentos para la investigación de sondeo:

8) Instrumento de estudio electromagnético VLF:	1
9) Medidor de corriente para medición de escorrentía:	1
10) Aparato para análisis de calidad del agua:	1

- 11) Aparato de muestro de agua in-situ, pozo de tubo: 1
- 12) Indicador de nivel de agua subterránea: 2
- 13) Microordenador (tipo de regazo, "laptop") 2

### 2.3 Informes y Minutas de Reunión

El equipo de estudio de JICA preparó el Informe Inicial, el Documento de Contrato inclusive especificaciones técnicas para la perforación de pozos de ensayo y la instalación de equipos de suministro de agua provisionales, el Informe de Progresos I, Informe de Progresos II, el Informe Intermedio, el Borrador de Informe Final y el Informe Final. Por otra parte, se prepararon minutas de reunión en momentos importantes del estudio, tales como al comienzo de la etapa de investigación preliminar y al término de la etapa de investigación principal (ver Apéndice F).

#### 1) Informe Inicial

En la etapa de investigación preliminar, el Informe Inicial fue preparado y presentado a MPH el 26 de febrero de 1988.

El informe describe el plan de investigación detallado sobre la operación, organización y programa de trabajo, tecnología de transferencia, etc.

A la vez, el equipo de estudio de JICA y MPH discutieron y acordaron la ubicación de la perforación del pozo de prueba y la formación profesional en la central de un ingeniero de la contraparte. Estos temas están confirmados en dichas minutas de la reunión.

#### 2) Informe de Progresos I

Sobre la base el resultado de la Primera Investigación de Campo y el Primer Trabajo en la Central en la etapa de investigación preliminar, se preparó el Informe de Progresos I, que fue presentado el 12 de marzo de 1988, compuesto por el estudio inicial sobre los datos recopilados relativos a meteorología, geología, sistema de suministro de

aguas existente, situación económica, etc.

3) Documento de Contrato sobre perforación de pozo de prueba

El Contrato para "Perforación de Pozo de Prueba y Pruebas de Bombeo", inclusive la instalación de equipos de suministro de agua provisionales, fue firmado por el equipo de estudio de JICA e Hydrosistemas, un contratista local seleccionado, el 6 de septiembre de 1988.

Antes de la firma del contrato, las especificaciones técnicas de todos los trabajos del contrato fueron preparadas para la precalificación de contratistas locales, y fueron incluidas finalmente en el documento de contrato.

4) Informe de Progresos II

Durante el Primer Trabajo en la Central de la Etapa de Investigación Principal, se llevó a cabo un estudio preliminar de los datos recogidos. Los resultados se especificaron en el Informe de Progresos II, presentado al MPH el 12 de mayo de 1988.

5) Informe Intermedio

El Informe Intermedio se preparó y presentó al MPH al término de toda la investigación de campo (17 de marzo de 1989). El informe presenta el progreso de los trabajos, las averiguaciones del proyecto y el análisis de los datos recopilados con relación a la socioeconomía, entorno hidrológico e hidrogeológico, hidrogeología y aguas subterráneas, y el plan de sistema de suministro de aguas.

En paralelo con la preparación del Informe Intemedio, se discutió el programa de construcción futura entre el equipo de estudio de JICA y el MPH, y como resultado, se prepararon y firmaron las Minutas de Reunión el 17 de marzo de 1989.

## 6) Borrado de Informe Final e Informe Final

El equipo de estudio de JICA llevó a cabo ulteriores estudios en Tokio, inmediatamente después de la investigación de campo y negociación con el MPH, sobre el potencial de las aguas subterráneas, planificación y diseño del sistema de suministro de agua, y análisis socio-económico. El resultado del estudio se compila en el Borrador de Informe Final e Informe Final.

### 2.4 Transferencia Tecnológica

Desde el punto de vista de una eficaz transferencia tecnológica, está previsto que todos los trabajos de investigación de campo se lleven a cabo en cooperación con ingenieros de la contraparte (MPH). A tal fin, MPH ha asignado los ingenieros apropiados con especialidades para hacer frente a los campos de estudio respectivos de los expertos de JICA. Los ingenieros asignados por MPH se reseñan en el Cuadro 2.4.1.

En realidad, la transferencia tecnológica se realizó en relación con los siguientes puntos, principalmente a través del método de "aprender haciendo" en el lugar de los trabajos durante el período de los trabajos de campo:

- a. Investigación meteorohidrológica
  - Recopilación y organización de datos
  - Medición de escorrentía de superficie
  - Desarrollo de base de datos informatizada
- b. Investigación hidrogeológica
  - Recopilación y organización de datos
  - Preparación de un inventario de pozos
  - Observación simultánea de niveles de agua
  - Vigilancia de niveles de agua
- c. Exploración geofísica
  - Método de exploración y manipulación del equipo
  - Análisis del resultado de exploración

- d. Análisis de la calidad del agua
  - Muestreo del agua
  - Manipulación del equipo
  - Método de análisis
- e. Estudio sobre el sistema de suministro de agua
  - Recopilación de datos
  - Diseño de instalaciones de suministro de agua provisionales
- f. Estudio socioeconómico
  - Recopilación de datos
  - Organización de datos

Por otra parte, el Ingeniero Juan Rafael Delcid F., jefe de la contraparte en el Proyecto, visitó Japón desde el 28 de julio de 1988 al 20 de agosto de 1989 para la formación profesional de nivel de mando intermedio.

Con relación a la perforación de un pozo de prueba, fue realizada ("aprender haciendo") bajo la instrucción y guía del trabajo del contratista por ingenieros y expertos de JICA:

- a. Confirmación del programa detallado de los trabajos de campo ejecutados por contratistas locales.
- b. Preparación de especificaciones técnicas y normas para la investigación de campo.
- c. Supervisión de las obras de contratista local en la verificación de su progreso frente a los programas y en la confirmación de las calidades de trabajo de acuerdo con normas y especificaciones técnicas.
- d. Organización e inspección de los resultados de los trabajos de campo, y
- e. Análisis de los resultados de los trabajos de campo.

Además, los ingenieros y expertos de JICA llevaron a cabo asesorías técnicas y consultoría para los trabajos del contratista local, principalmente en la perforación de pozos, consignación de datos geofísicos del orificio perforado y prueba de bombeo.

## CAPITULO 3. PERFIL DEL AREA DE PROYECTO

### 3.1 Situación General

#### 3.1.1 Situación y administración

El Area de Estudio abarca toda la superficie de la Cuenca de Comayagua, a 50 km al noroeste de Tegucigalpa. La cuenca de Comayagua se extiende desde los 14°04' a los 14°40' de latitud norte, y de los 87°27' a los 87°54' de longitud oeste, y tiene un área de 470 km<sup>2</sup>. Se trata de una cuenca (a unos 600 m sobre el nivel medio del mar) rodeada por cordilleras de 2,000 m de altitud.

El Area de Estudio se extiende sobre los Departamentos de Comayagua y La Paz, y contiene nueve municipios: Comayagua, Ajuterique, Humuya, Lamani, Lejamani, San Sebastián y Villa de san Antonio, en el Departamento de Comayagua; y La Paz y Cane, en el Departamento de La Paz. Cada municipio tiene su derecho de autonomía y su alcalde es elegido por sufragio popular. El municipio se denomina "ciudad", "pueblo" o "aldea" en función del número de sus habitantes. La ciudad de Comayagua, que fuera capital de Honduras hasta 1880, desempeña un papel central en los aspectos económicos y sociales de la cuenca de Comayagua.

En la Cuenca de Comayagua, el gobierno mantiene diversas delegaciones de ministerios y agencias gubernamentales: Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), Ministerio de Salud Pública (MSP), Secretaría de Recursos Naturales (SRN), Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE), y Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados (SANAA), etc. Cada oficina desempeña un papel importante en los servicios directos a habitantes en cooperación con otras agencias públicas de la cuenca de Comayagua, especialmente el Centro de Entrenamiento de Desarrollo Agrícola (CEDA), Secretaría de Recursos Naturales, está considerado como importante oficina de proyectos para el desarrollo agrícola de Honduras. Los detalles de administración se comentan en la Sección 3.1, Apéndice A.



### 3.1.2 Situación socioeconómica

El país se divide en siete (7) regiones administrativas a los efectos respectivos de política de salud y agrícola, y en uno y otro caso el Area de Estudio corresponde a la Región de Salud N° 2, que consta de los tres Departamentos de Comayagua, La Paz e Intibuca. En 1988, la Región N° 2 contaba con una población de 468,298, repartida a razón de 238,790; 105,996; y 123,512, para los departamentos respectivos. El crecimiento anual de la población durante el período 1974-1988 presentaba 3.62% para la Región N° 2, y 4.07%, 3.44% y 2.99% para los departamentos respectivos (ver Cuadro 3.1.1).

La población del Area de Estudio ascendía a 109,175 habitantes en 1988, con un crecimiento anual de 4.09% durante dicho período, y la densidad de población indicaba aproximadamente 45 habitantes por km<sup>2</sup> en 1988. Dicha tasa de crecimiento de la población era prácticamente igual a la del Departamento de Comayagua, siendo notablemente superior a la tasa nacional (3.63%). La población de cada municipio en el Area de Estudio aparece en el Cuadro 3.1.1, y los detalles se describen en la Sección 3.2, Apéndice A.

Las estadísticas agrícolas de Honduras se confeccionan en principio por región, no por departamento. La Región N° 2, que incluye el Area de Estudio, representa una importante situación en el país con respecto a la producción agrícola. En 1984, la Región N° 2 produjo 91,804 qls. de coles, 14,413 qls. de cebollas, 81,389 qls. de patatas, y 548,751 qls. de café, siendo sus proporciones nacionales respectivas de 64%, 35%, 97% y 34%. El Area de Estudio produce la práctica totalidad de las cosechas producidas en la Región N° 2, especialmente tomates, cebollas, sandías y coles, que representan el 50%, 50%, 20% y 10%, respectivamente, de la producción nacional. Además, la ganadería de vacuno es una industria esencial en el Area de Estudio. Aunque no se dispone de cifras exactas del número de cabezas de ganado vacuno, se estima que se crían 25,000 cabezas en pastizales en una area de 25,000 Ha. Se dice que la carne de vacuno, productos lácteos y quesos no son muy abundantes, pero sí de buena calidad; particularmente los productos de queso tienen gran popularidad. Más detalles sobre agricultura se comentan en la Sección 3.3, Apéndice A.

Las comunicaciones entre los nueve municipios del Area de Estudio son principalmente por carretera. La Autopista Centroamericana (Autopista CA5), que conecta Tegucigalpa con San Pedro Sula, discurre desde el sudoeste al noroeste en el Area de Estudio, y desempeña un papel importante como carretera troncal. La red de carreteras principales dentro del Area de Estudio tiene una longitud de 130 km, que consta de 50 km de carreteras pavimentadas (38%) y 80 km de carreteras no pavimentadas (62%).

De la red principal de carreteras, las carreteras pavimentadas y 65 km de las carreteras no pavimentadas están bien mantenidas para facilitar el acceso a las ciudades y pueblos del valle en todas las épocas del año. Por otra parte, otras carreteras no pavimentadas y algunas carreteras aferentes se encuentran en mal estado, y a veces algunas aldeas resultan de difícil acceso rodado incluso en la estación seca (ver Sección 3.4, Apéndice A).

### 3.1.3 Uso de la tierra y utilización del agua

#### 1) Uso de la tierra

La Fig. 3.1.1 presenta la situación del uso de la tierra en el Area de Estudio, con una superficie de 47,000 Ha, que se resume como sigue:

#### Uso de la tierra

Clasificación	Area (ha)
Tierra agrícola	13,000
Pastizales	25,000
Zona residencial	2,000
Bosques, etc.	7,000
<b>Total</b>	<b>47,000</b>

La tierra de cultivo incluye tierras de regadío de unas 7,000 ha, compuestas por tres sistemas: el sistema de Flores, el de San Sebastián y el de Selguapa. El área real de regadío en 1988 era de unas 4,000 Ha, del total de 7,000 Ha, como sigue:

### Area de regadío

Sistema de Regadío	Area (Ha) prevista	Area de regadío en 1988 (Ha)
Sistemas de:		
- Flores	3,760	1,604
- S. Sebastián	250	231
- Selguapa	3,130	2,157
Total	7,140	3,992

Las cosechas agrícolas principales en el Area de Estudio, es decir, maíz, frijoles, tomates, cebollas, sandías, pepinos, etc., se producen en su mayor parte en estas tierras de regadío. Por otra parte, la ganadería de vacuno se explota utilizando las grandes extensiones de pastizales distribuidas por toda el Area de Estudio.

En estos últimos años, existe una tendencia al incremento de territorio de las zonas urbanas (comunidades a partir de 2,000) habitantes, debido a una elevada tasa de crecimiento de población, superior al 4% al año, en el Area de Estudio. Según el Censo de 1988, la relación de la población de las áreas urbanas frente a las rurales oscilaba entre 45.2:54.8 en 1974 y 54.6:45.4 en 1988, es decir, la población urbana superaba a la rural. La población aumentada iba acompañada por un incremento en el número de viviendas; de 10,623 unidades en 1974 a 19,814 en 1988. El número medio de miembros de una unidad familiar se redujo de 5.87 personas en 1974 a 5.51 en 1988 (ver Cuadros 3.1.2 y 3.1.3). Los detalles se comentan en la Sección 3.2, Apéndice A).

#### 2) Utilización del agua

Los objetivos principales de utilización del agua en el Area de Estudio pueden clasificarse en tres categorías: regadío, usos domésticos y usos industriales. El regadío se lleva a cabo en terrenos de cultivo y pastizales utilizando agua de canales y de lluvia. El suministro de agua para uso doméstico es llevado a cabo por el sistema de suministro de agua de SANAA y por pozos públicos y privados. Casi todas las industrias fabriles utilizan agua de pozos propios junto con agua suministrada por SANAA.

Según la información de DGRH, el consumo mensual de agua de dichos tres sistemas de riego era de aproximadamente 2,200,000 m<sup>3</sup> por término medio en 1987. En general, durante la estación seca (septiembre a abril) existe una gran demanda de agua para irrigar cultivos de maíz, tomates, cebollas, arroz, etc., y la demanda máxima ha sido registrada en marzo cada año; por ejemplo, en marzo de 1987, el consumo de agua fue de unos 3,200,000 m<sup>3</sup>. Los detalles del agua de riego para cada cosecha se dan en el Cuadro 4.2.6, Apéndice A.

El Area de Estudio tenía aproximadamente unos 110,000 habitantes en 1988, consistentes en 59,500 (55%) en zonas urbanas, y 49,500 (45%) en áreas rurales. El suministro de agua para casi el 90% de la población urbana y para la población rural de Humuya, Lamani, San Sebastián y Cane, se lleva a cabo mediante sistemas de tuberías de SANAA y de los respectivos municipios (ver Cuadros 3.1.2 y 1.2.1), y se resume como sigue:

Población atendida y no atendida por el sistema de tuberías en el Area de Estudio en 1988

Area	Población total	Atendida		No atendida	
		Población	Tasa (%)	Pobl.	Tasa (%)
Urbana	59,590	53,521	89	6,339	11
Rural	49,585	9,508	19	40,077	81
Total	109,175	62,759	57	46,416	43

De entre la población no atendida, se prevé que el 11% de la población urbana reciba agua de uso doméstico mediante el sistema de tuberías de SANAA en un próximo futuro, de acuerdo con las normas de suministro de agua de SANAA. El restante 81% de la población rural, entretanto, puede verse obligada a utilizar el agua de los pozos inadecuados existentes o de las aguas superficiales de ríos y canales para su uso doméstico por el momento, si no se realiza el presente proyecto.

En 1988, el Area de Estudio contaba con unos 170 pozos, de los que 152 están en servicio. En base al resultado del estudio de campo, la utilización del agua artesiana se clasifica como sigue:

Concepto	Pozos	
	Nº.	%
1. Uso doméstico		
(1) potable, etc.	104	61
(2) otros usos	12	7
2. Uso agrícola, etc.	36	21
3. No disponible	18	11
Total	170*	100

\* Incluye pozos en construcción

El agua de los 104 pozos se utiliza para fines potables de unos 4,400 habitantes (800 hogares). El resultado, por otra parte, de un ensayo de muestreo de calidad de agua indica que aproximadamente el 50% de este agua artesiana es inadecuada para beber desde el punto de vista químico y/o biológico. Sólo 52 pozos, pues, se utilizan para agua potable segura para unos 2,200 habitantes (52 pozos x 7.6 hogares x 5.51 personas).

Si se considera como población atendida a los habitantes que utilizan dicha agua potable segura, la población atendida y no atendida en el área rural variaría como sigue:

Concepto	Atendida		No atendida	
	Población	Tasa (%)	Población	Tasa (%)
Sólo sistema tuberías	9,508	19	40,077	81
Sist. tuberías más pozo	11,708	24	37,877	76

Parece ser que la población restante, unos 38,000 habitantes, 76% de la población rural, han utilizado aguas superficiales o aguas de pozos no sanitarias para beber y otros usos domésticos. Generalmente, estas personas viven en lugares incómodos y han dedicado muchas horas y grandes cantidades de energía para recoger el agua potable; además, en la estación de lluvias se dice que a veces deben utilizar incluso agua del río o de canales para beber. Así, la población rural soporta una pesada carga cada día.

### 3.1.4 Suministros de agua

Los suministros de agua existentes en el area de estudio son gestionados por SANAA y algunos municipios como se indica en el Cuadro 1.2.1. La población atendida en 1988 se estima en casi 63,000 habitantes, de los cuales 44,000 están en el sistema de suministro de SANAA y 19,000 en el sistema de los seis (6) municipios de Ajuterique, Humuya, Lamani, Lejamani, San Sebastián y Villa de San Antonio. El sistema de SANAA, por su parte, abarca las áreas urbanas de tres (3) municipios: Comayagua, La Paz (inclusive Yarumela) y Cane. En 1988, la proporción de población atendida por estos sistemas se estima en el 57% de toda el Area de Estudio.

El restante 43%, unos 46,000 habitantes, utilizan agua de pozos poco profundos y/o ríos próximos a sus viviendas. En su vida diaria normalmente el agua artesiana se utiliza como agua potable y la de río para otros usos domésticos.

En la actualidad, el area de estudio tiene unos 170 pozos poco profundos, cada uno de los cuales es utilizado por varias decenas de habitantes por término medio, y el consumo per cápita parece estar en la gama de 20 a 30 l/c/d (ver Cuadro 1.2.2). Casi todos los pozos poco profundos en el Area de Estudio se encuentran bajo el control de la oficina regional del MPH con relación a instalaciones de pozos poco profundos y calidad del agua artesiana. Aunque las instalaciones, compuestas por pozos, bombas y cisternas, son limpiadas y mantenidas adecuadamente, el agua producida por dichos pozos poco profundos no es generalmente satisfactoria en su cantidad ni en su calidad, como se ha explicado en secciones anteriores.

### 3.1.5 Salud

#### 1) Administración sanitaria

La sanidad del pueblo hondureño es administrada bajo el "CODIGO SANITARIO DE LA REPUBLICA DE HONDURAS", Ministerio de Salud Pública, 1968 (Apéndice 1). Este código, que consta de 166 artículos, prescribe la administración sanitaria con respecto al control de la nutrición,

protección contra enfermedades infecciosas, suministro de agua potable, saneamiento, contaminación atmosférica, higiene industrial, etc., inclusive castigos para infractores contra los artículos del código.

Bajo este código, el MPH (MSP) tiene dos (2) oficinas de saneamiento y administración, diez (10) divisiones especiales a nivel político, ocho (8) oficinas regionales de salud y veintidós (22) hospitales nacionales a nivel ejecutivo, bajo la jurisdicción del Director General del ministerio. En 1989, el ministerio ocupa a unas 4,000 personas entre funcionarios y empleados, 500 personas en la sede central y 3,500 en las ocho (8) oficinas regionales (exclusive hospitales nacionales). El organigrama del ministerio se ilustra en las Figs. 3.1.1, 3.1.2, y 3.1.3, Apéndice A.

La Región de Salud N° 2, compuesta de los tres departamentos de Comayagua, La Paz e Intibuca, en 1987 tenía 4 hospitales, dos de ellos públicos y dos privados, y 88 centros de salud rural (CESAR). Había 88 camas en hospitales en el mismo año. El Area de Estudio, de los cuatro hospitales de la Región N° 2 tenía tres, llamados "Santa Teresa" y "Suaso Córdova" los públicos, y "Policlínica Berlios" el privado. Estos hospitales tenían 76, 69 y 23 camas, respectivamente.

Acerca de la administración sanitaria, se están ejecutando en la actualidad obras de mejoramiento del suministro de agua e instalaciones sanitarias en el país, bajo el Plan Nacional de Agua Potable y Saneamiento del período 1983-1990, con ayuda técnica de la OMS. Para coordinar las actividades para el logro de este Plan se creó en 1983 el CONAPS, consistente en cinco miembros de las agencias gubernamentales MPH, SECPLAN, SANAA, Banco de las Corporaciones Autónomas Municipales, y Ministerio de Gobernación y Justicia.

Aparte de dicho comité, el MPH tiene responsabilidades de control del trabajo sobre logros del Plan (ver Sección 1.2.1).

Por otra parte, las actividades de suministro de aguas y servicios sanitarios de SANAA se llevan a cabo bajo la Ley Constitutiva del Servicio Autónomo Nacional de Acueductos y Alcantarillados), Decreto

n° 91, 1961 (Apéndice 2). Se preocupa del diseño, construcción y explotación del sistema de agua potable y saneamiento en áreas rurales y urbanas.

## 2) Enfermedades

Los principales índices de salud de Honduras se resumen como sigue:

### Índices de Salud de Honduras, 1985

Nacimientos (x 1,000 habitantes)	44*
Defunciones (x 1,000 habitantes)	8*
Esperanza de vida (años)	62
Casos de enfermedades transmitidas por el vector agua (x 100,000 hab.)	4,462
Mortalidad infantil (x 1,000 nacidos vivos)	80
Población sin agua potable segura (%)	55
Población sin saneamientos seguros (%)	72

Fuente: Decenio Internacional del Suministro de Agua y Saneamientos, 1987, OMS

Nota: \* en 1983

La esperanza de vida del pueblo hondureño ha aumentado desde los 53 años en 1978 a 62 años en 1985, lo que le sitúa en la clase media de los países en vías de desarrollo. Por su parte, las enfermedades transmitidas por el vector agua correspondían a más de 4,000 por 100,000 habitantes, presentando así las condiciones más insalubres de toda Centroamérica.

La población sin agua potable segura, que tendría una importante relación con las enfermedades transmitidas por el vector agua, en 1985 era del 55% del total de población del país. Por otra parte, en el Area de Estudio se estimaba en aproximadamente 40%; 11% en zonas urbanas y 76% en zonas rurales (inclusive agua de pozo segura, ver Sección 3.1.1). Aunque el suministro de agua segura en el Area de Estudio está algo mejor en términos generales que el del país en general, un 76% en el área rural indica unas condiciones insalubres en extremo.



La mortalidad infantil en la Región de Salud N° 2 y en todo el país se resume a continuación, no existiendo datos disponibles en el Area de Estudio:

Mortalidad Infantil  
(por cada 1,000 nacidos vivos)

Zona	1960	1970	1980	1985
Todo el país	133	111	87	80
Región N° 2	140	116	92	-

La mortalidad infantil, barómetro del estado de salud física de la madre, presenta en Honduras un porcentaje muy elevado, el más alto de todos los países centroamericanos, y en la Región de Salud N° 2 era mayor que el promedio del país. Sin embargo, desde 1960 ha presentado una tendencia decreciente a un ritmo de aproximadamente un 2% anual.

La tabla siguiente presenta el número de pacientes con desórdenes intestinales serios en el país, que se estimó en base a una muestra del 5% de todos los pacientes ambulantes con relación a enfermedades transmitidas por el vector agua en hospitales públicos en 1985:

Pacientes de enfermedades transmitidas por el  
vector agua por grupos de edad en el país, 1985

Grupo de edad	N° total de pacientes	Pacientes con graves desórdenes intestinales	
		N°.	%
(1) menos de 1 año	17,562	4,895	27.9
(2) 1 a 4 años	27,191	6,666	24.5
(3) 5 a 14 años	19,785	4,112	20.8
(4) más de 14 años	71,563	3,352	4.7
<b>Total</b>	<b>136,101</b>	<b>19,025</b>	<b>14.0</b>

Fuente: Boletín de Estadística e Información de Salud,  
Estadísticas de Atención Ambulatoria, 1987,  
Ministerio de Salud Pública.

Como se indica en el cuadro anterior, 14% de los pacientes aquejados de enfermedades transmitidas por el vector agua sufrían de graves desórdenes intestinales en 1985, particularmente en el grupo de edad

más joven; por ejemplo, 27,9% del grupo de edad de menos de un año, 24,5% para el de entre 1 y 4 años, y 20.8% para los de 5-14 años. Se dice que la tasa de mortalidad infantil de niños menores de cinco años por graves desórdenes intestinales fue de más del 50%.

### 3.2 Estado Fisiográfico

#### 3.2.1 Clima

Se dice que el Area de Estudio pertenece a la zona subtropical. Sin embargo, como está situada en distritos montañosos del área interior, el clima es suave en comparación con la llanura costera al norte y la frontera sur.

Desde el punto de vista meteorológico, existen dos estaciones en el Area de Estudio, a saber: la estación lluviosa, de mayo a octubre, y la seca de noviembre a abril. La precipitación media anual en el área de estudio es de aproximadamente 1,000 mm, de la que más del 85% tiene lugar durante la estación lluviosa. Por consiguiente, la precipitación en la estación seca es muy poca, especialmente en el llano. El patrón de precipitaciones parece tener una característica bastante tropical porque los chaparrones tienen lugar en un área muy limitada y el tiempo de duración de la lluvia es bastante breve.

La temperatura media y la humedad relativa son de aproximadamente 23°C y 70%, respectivamente. La temperatura en el llano es mayor que en el monte, mientras que, por el contrario, la humedad relativa es mayor en el monte que en el llano.

La evapotranspiración anual equivale a unos 1,700 mm. La velocidad media del viento mensual y las horas de sol al mes son de 2.6 m/s y 2,350 horas, respectivamente.

Como se deduce de la descripción anterior, las características climáticas difieren bastante entre el llano y el monte. Por otra parte, estos factores climáticos, salvo la precipitación, no presentan fluctuaciones

notables durante todo el año. La situación meteorohidrológica detallada del Area de Estudio se comentará en la Sección 4.2 de este informe.

### 3.2.2 Geografía

El país se divide geomorfológicamente en las cuatro áreas siguientes:

- (a) La llanura costera atlántica
- (b) La zona montañosa noroccidental y oriental
- (c) Las altiplanicies central y meridional
- (d) La llanura costera pacífica

Como se explicó en la sección 1.1.1, el Area de Estudio, Valle de Comayagua, está situado en la altiplanicie.

La cuenca de Comayagua con un área de aproximadamente 470 km<sup>2</sup> se extiende entre la latitud 14°04' y 14°40' Norte, y longitud 87°27' y 87°54' Oeste. El río Humaya discurre hacia el norte a través de la cuenca, que tiene un área de captación de 2,053 km<sup>2</sup> a la salida de la cuenca. El area de estudio para el desarrollo de aguas subterráneas se encuentra a unos 50 km al noroeste de Tegucigalpa, capital de Honduras. La altitud del área de estudio es de aproximadamente 600 m, y las montañas que la rodean tienen más de 2,000 m de altitud, constituyendo sus vertientes.

### 3.2.3 Geología general

La altiplanicie se compone de rocas metamórficas paleozoicas, rocas sedimentarias mesozoicas, rocas volcánicas terciarias, rocas intrusivas, etc.; en las llanuras, en ríos, canales, y cuencas interiores, se depositan, por su parte, sedimentos cuaternarios.

En la mitad norte de Honduras, las rocas metamórficas paleozoicas y los sedimentos mesozoicos son dominantes, presentando un contraste notable con la parte sur, en la que las rocas volcánicas terciarias más jóvenes están ampliamente distribuidas.

La secuencia estratigráfica de geología general en Honduras se indica en el Cuadro 3.2.1.

El terreno del área de estudio consta principalmente de depósitos aluviales y lacustres diluviales, mientras que los sedimentos piroclásticos terciarios y rocas duras preterciarias subyacen a los depósitos cuaternarios citados, formando la roca basal hidrogeológica. Por lo tanto, el tema del estudio de desarrollo de aguas subterráneas serán los depósitos cuaternarios. Se prevé que la profundidad máxima de los depósitos lacustres diluviales es de unos 200 m o más en el centro de la cuenca (ver Sección 4.1.3).

## CAPITULO 4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

### 4.1 Hidrogeología

#### 4.1.1 Topografía

La cuenca de Comayagua está situada en el curso superior del río Humuya, y presenta una forma rectangular alargada en sentido norte-sur con una anchura de 10-15 km y una longitud de 35-40 km.

La cuenca está limitada por fallas en sentido norte-sur, nordeste-sudoeste y noroeste-sudoeste en las márgenes oriental y occidental. La altitud de la cuenca es de unos 600 en el centro y 700 en los márgenes, y se observa topografía ondulante en la llanura, generalmente diseccionada por el río Humuya y sus afluentes, especialmente en el área marginal. Las montañas circundantes varían su elevación hasta 2,000 metros y tienen pendientes pronunciadas.

El río Humuya se origina en la frontera sudoccidental del área de captación, y serpentea en el centro de la cuenca, manteniendo una dirección general norte-sur. El río Conje, el río Grande, el río Choco y el río San José son los tributarios principales en la parte sur de la cuenca, y el río Tunjaca, el río Blanco, el río Conquigue, el río Mura, el río Tepanguara y el río Selguapa en la parte norte de la cuenca.

En base al reconocimiento de campo e interpretación de fotografía aérea, se clasifican las siguientes cinco unidades topográficas en la cuenca de Comayagua y sus alrededores (ver. Fig. 4.1.1).

##### a. Colina residual (Monadnock)

Las colinas residuales (o monadnocks), están distribuídas en la ciudad de Comayagua y alrededores. Las colinas se componen de rocas basales terciarias como se describen en el párrafo siguiente.

#### b. Altiplano meridional

En la mitad sur de la cuenca, se extiende ampliamente un altiplano, en el que se distribuyen depósitos lacustres diluviales bajo una capa superior notablemente delgada (ver párrafo siguiente). El área marginal de este altiplano se caracteriza por una notable ondulación, mientras que el centro de la cuenca es mucho más llano. La divisoria entre el altiplano sur y la mitad norte de la cuenca se traza aproximadamente en la línea que conecta La Paz con Villa de San Antonio.

#### c. Abanico aluvial septentrional

La mitad norte de la cuenca se caracteriza por el desarrollo de abanicos aluviales en los que los depósitos de abanico aluvial cubren los depósitos lacustres diluviales. En este área, diversos tributarios del río Humuya cortan los depósitos de abanico para formar una topografía ondulante.

#### d. Llanuras inundables

Las estrechas y largas llanuras inundables se forman principalmente a lo largo del río Humuya.

#### e. Área montañosa

Las montañas circundantes, separadas por fallas de la cuenca, están notablemente seccionadas y constituyen profundas quebradas.

### 4.1.2 Geología

Los depósitos lacustres diluviales y los depósitos de abanico aluviales son las principales unidades geológicas de la cuenca de Comayagua. Los depósitos lacustres diluviales afloran principalmente en la mitad sur de la cuenca, y se componen de sedimentos blancuzcos-grisáceos de limo y arcilla, mientras que los depósitos de abanico aluviales de grava transportada de las montañas orientales y /u occidentales están distribuidos en la mitad

norte de la cuenca, sobre los depósitos lacustres diluviales.

En el área meridional extrema de la cuenca, los depósitos lacustres vierten hacia el centro de la cuenca con un gradiente de 10° a 30°, debido probablemente a movimientos tectónicos. En las márgenes de la cuenca, los depósitos lacustres se caracterizan principalmente por sedimentos gruesos, como arenas y gravas, y se considera que cambian a más finos hacia el centro de la cuenca. Se supone que hubo un gran aporte de depósitos de talud en el área marginal de la cuenca desde las montañas circundantes, después de haberse formando la depresión topográfica conocida con el nombre de graben.

Sedimentos arcillosos-limosos con arena y grava formaron la llanura inundable a lo largo del río principal y sus tributarios. La diferencia de altura entre dicha llanura ribereña y el altiplano meridional de la cuenca es de un máximo de unos 30 metros.

Las rocas basales terciarias afloran en forma de monadnocks en el área extrema septentrional de la cuenca.

Por otra parte, en las montañas circundantes, sedimentos paleozoicos-mesozoicos están distribuidos localmente en el área oriental-septentrional de Comayagua y en el área occidental de La Paz, mientras que buena parte de las montañas se compone de rocas piroclásticas terciarias, tales como tobas y tobas fusionadas. Las rocas paleozoicas consisten principalmente de esquistos verdes y filitas, y las rocas mesozoicas de piedra arenisca, pizarra y piedra caliza.

La secuencia geológica normalizada de Honduras aparece en el Cuadro 3.2.1. Las características de cada unidad y constituyente geológico en la cuenca de Comayagua se describen a continuación, mientras que la distribución de las unidades geológicas aparecen en la Fig. 4.1.2.

#### 1) Rocas basales hidrogeológicas

Las rocas metamórficas paleozoicas, las rocas sedimentarias mesozoicas y las rocas piroclásticas terciarias constituyen las rocas basales

hidrogeológicas en el Area de Estudio. No se desarrollan aguas subterráneas en estos basamentos, salvo el agua de fisuras.

Como se ha descrito anteriormente, las rocas paleozoicas constan de esquistos verdes y filitas bien consolidados, y se distribuyen localmente en el área nororiental de la ciudad de Comayagua. Las rocas paleozoicas están separadas por fallas de las rocas terciarias. Por otra parte, las rocas mesozoicas se caracterizan por rocas consolidadas de piedra arenisca de color rojizo amarronado, pizarras y piedra caliza, y se distribuyen localmente en el área nororiental de Comayagua y occidental de La Paz. No se espera buen acuífero en ellas, salvo fisuras y cuevas calizas en el área limítrofe.

Las montañas circundantes se componen principalmente de rocas piroclásticas terciarias. La parte principal de las rocas terciarias son las tobas y las tobas fusionadas llamadas "ignimbrita". Estas piroclastas, de color rosa claro a amarillento, son usualmente macizas y duras, pero se desarrollan frecuentemente juntas en ellas.

## 2) Depósitos cuaternarios

En la cuenca de Comayagua, los depósitos cuaternarios están ampliamente distribuidos. La distribución de los depósitos cuaternarios está separada frente a las rocas precuaternarias por fallas de pronunciado gradiente a lo largo de las márgenes de la cuenca.

Los depósitos cuaternarios se subdividen principalmente en las dos subunidades geológicas de depósitos lacustres diluviales y depósitos de abanico aluviales. Los depósitos lacustres diluviales se consideran producto de un antiguo lago formado el período del movimiento tectónico del graben (depresión topográfica). Antes de secarse el lago, probablemente en la etapa inicial de aluvión, se aportó al área septentrional de la cuenca una gran cantidad de depósitos de abanico.

Por otra parte, después de secarse completamente la cuenca de Comayagua, se desarrollaron llanuras inundables a lo largo del río principal en la reciente etapa de aluvión.



#### a. Depósitos lacustres diluviales

Los depósitos lacustres diluviales están ampliamente distribuidos en la mitad meridional de la cuenca de Comayagua, y están expuestos localmente en la ciudad de Comayagua y sus alrededores, donde se supone la elevación de las rocas basales.

Los depósitos lacustres consisten en su mayor parte de gruesas capas de arcilla, limo y arena fina de color blanco a gris pálido, mientras que se observan depósitos sumamente bastos, tales como arena gruesa y gravas, en el área marginal de la cuenca. Se supone que estas gravas se acumularon inicialmente en el área marginal de la cuenca y/o el antiguo lago en condiciones similares como depósitos de talud, y la acumulación de los sedimentos finos siguió a la de los sedimentos gruesos. Los sedimentos finos a gruesos interlaminados con capas de arcilla pueden formar acuíferos artesianos.

La estructura geológica de los depósitos lacustres se caracteriza por su notablemente suave pendiente inferior a 5° de caída en la parte central de la cuenca. En el área marginal, los depósitos lacustres presentan una inclinación más marcada, de 10° a 20°, vertiendo hacia el centro de la cuenca. Contrariamente a la condición estructural general, los depósitos lacustres en la zona extrema sudoccidental vierten hacia el exterior de la cuenca. Por lo tanto, puede concebirse la existencia de un anticlinal en este área, cuyo eje se traza en la línea desde La paz a Cane.

Aunque no se ha recopilado información detallada sobre condiciones geológicas del subsuelo, se supone que el grosor de los depósitos del lago es de aproximadamente 200 metros en el centro de la cuenca sobre la base de la exploración geofísica realidad (ver sección 4.1.3).

Debería señalarse que se observó una fuerte reacción a los ácidos de los depósitos lacustres, lo que sugiere concentración local de depósitos de marga.

#### b. Depósitos de abanico aluvial

Los depósitos de abanico aluvial se distribuyen en la mitad septentrional de la cuenca de Comayagua, dividida ulteriormente en dos áreas, nororiental y noroccidental, siendo el río Humuya su divisoria.

En el área nororiental, los depósitos de abanico constan de depósitos ricos en gravas caracterizadas por su color amarronado-rojizo. Se sugiere que tales depósitos se originan en las rocas sedimentarias mesozoicas que presentan un color similar.

Una transición de los depósitos lacustres a los depósitos de abanico superiores se observa en un afloramiento al sur de Villa de San Antonio. Parece ser que ambos depósitos se interlaminan en zonas de transición.

El grosor de los depósitos de abanico en el área nororiental se estima en 30 metros o más, en la parte más gruesa en Palmerola, cerca de la base norteamericana.

Por otra parte, en el área noroccidental, los depósitos de abanico consisten en sedimentos finos-gruesos, menos clasificados, de color marrón claro a amarillento, y se originan en las rocas sedimentarias mesozoicas y la ignimbrita terciaria. Se sospecha la misma relación con los depósitos lacustres que en el área nororiental. El grosor de los depósitos de abanico en este área se estima en unos 30 metros o más al sudeste de Playitas.

Se considera que los depósitos de abanico aluviales pueden formar un acuífero freático en la medida en que estén saturados.

#### c. Depósitos de llanuras inundables

Estos depósitos se distribuyen principalmente a lo largo del río Humuya y sus principales afluentes, y consta de limo, arena, y en

parte gravas de color marrón claro a amarillento. Los depósitos de llanuras inudables se aportan desde las montañas del entorno y los depósitos cuaternarios en la cuenca.

#### 4.1.3 Exploración geofísica

##### 1) Resultados de la exploración VLF

Según las mediciones de campo y los resultados del análisis descritos en detalle en el Apéndice B, el resultado de la exploración geofísica se resume en el Cuadro 4.1.1 y la Fig. 4.1.3., y se explica brevemente a continuación:

- a. Un área montañosa al norte-nordeste de la ciudad de Comayagua presenta un elevado valor de resistividad de 60 ohm-m donde están expuestas las rocas sedimentarias mesozoicas y la granodiorita.
- b. En el área occidental de la cuenca entre Ajuterique y La Paz, varios lugares demuestran esporádicamente altos valores de resistividad, de entre 60 y 70 ohm-m, que pueden indicar la presencia de túmulos subterráneos de rocas sedimentarias mesozoicas.
- c. El área montañosa consistente en toba fusionada terciaria tiene una resistividad moderadamente baja, de 24 a 38 ohm-m.
- d. Se observa en la zona marginal de la cuenca a lo largo del pie de las montañas dos tipos de valores de resistividad: uno de 5 a 15 ohm-m y el otro superior a 20 ohm-m.

El área de resistividad considerablemente inferior, 5 a 15 ohm-m, se ha correlacionado con el área de depósitos arcillosos, mientras que la otra área de mayor resistividad, superior a 20 ohm-m, abarca la zona de depósitos de abanico gruesos y amplios de arena y gravas, que han sido aportados por los principales afluentes, como el río Conquigue, el San José y el Selguapa.

- e. El Area central en la cuenca presenta una resistividad moderadamente baja, con valores alrededor de 10 ohm-m, lo que indica presencia de gruesos depósitos arcillosos.
- f. En varios lugares, como en Yarumela, al sur de Cane, se obtienen esporádicamente valores de resistividad moderadamente altos, de entre 10 y 25 ohm-m, lo que puede indicar una elevación de una capa de gran resistividad.
- g. El área que presenta una gran resistividad sugiere la presencia de lechos de grava de los depósitos de abanico, especialmente en partes desde La Paz a Lejamani, y alrededor de Flores.

## 2) Sondeos eléctricos

En el Apéndice B, se prepararon veinticinco figuras como perfiles de resistividad que abarcan toda la cuenca de Comayagua en las secciones de sentido tanto norte-sur como este-oeste, como resultado del sondeo eléctrico (ver Fig. 4.1.4). Cuatro perfiles de la Fig. 4.1.5, (1) a (4), han sido seleccionados y adjuntados a este informe como secciones típicas en el Area de Estudio. Su interpretación se resume en el Cuadro 4.1.2.

- a. La capa 1 se define como capa por encima del nivel freático, que se desarrolla en paralelo a la superficie del suelo en los perfiles. Como se describe en el Cuadro 4.1.2, la capa puede subdividirse en dos categorías de valores de resistividad, es decir, 15 a 135 ohm-m y 11 a 80 ohm-m, según la diferencia en las características físicas de los depósitos.
- b. La capa 2 se desarrolla predominantemente en el margen noroccidental de la cuenca de Comayagua a través de Lejamani, Ajuterique, el río Selguapa, y el margen oriental de la cuenca, principalmente a lo largo del río San José y el río Canquigue. El valor de resistividad oscila entre 7 ohm-m y 54 ohm-m, con un promedio de 20 ohm-m. Esta capa se correlaciona con los depósitos de abanico que consisten de arena mal clasificada y grava. La capa es probable-

mente muy permeable.

- c. La capa 3 se observa en afloramientos alrededor de Cane en la parte occidental de la cuenca de Comayagua en el río Grande al sur de Villa de San Antonio. Está cubierta por la capa 2 en el área corriente abajo de la cuenca. Esta capa desaparece en la mitad oriental y en la parte meridional de la cuenca. Esta distribución de unidades geológicas permeables e impermeables caracteriza al sistema de reaprovisionamiento de agua subterránea de la cuenca de Comayagua.
- d. La capa 4 es la más ampliamente desarrollada en la cuenca de Comayagua, y el grosor medio de esta capa alcanza 80 m. En la parte sur de la cuenca, la capa 4 se subdivide en las tres capas 4(a), 4(b) y 4(c). la capa 4 se considera semiacuífera a juzgar por el valor de resistividad de 10 ohm-m por término medio. Esta capa puede contener lechos arenosos en ciertos lugares, que presentan una resistividad especialmente alta. Las partes de mayor resistividad, ocasionalmente encontradas, pueden indicar una intercalación de capas arenosas más permeables en ciertos lugares.
- e. La capa 5 se encuentra generalmente en la mayor parte de la cuenca, salvo en el extremo meridional. La capa 5 indica baja resistividad de 2 a 6 ohm-m, lo que sugiere depósitos arcillosos.
- f. En estos sondeos eléctricos, no ha podido detectarse una capa de alta resistividad que sugiriera la roca basal dentro del límite de sondeo de 200 m en la parte central de la cuenca, salvo en muy pocos lugares. La roca basal presenta una gran resistividad que oscila entre 15 y 100 ohm-m, como se observa en el área marginal de la cuenca, es decir, de 15 a 45 ohm-m en la toba fusionada terciaria y de 27 a 110 ohm-m en los sedimentos consolidados del lecho mesozoico.

La profundidad de la roca basal se estima superior a 200 m en la mayor parte de zonas de la cuenca.

#### 4.1.4 Perforación de pozo de prueba

##### 1) Generalidades

La operación de perforación fue ejecutada para entender el potencial del desarrollo de agua subterránea para el suministro de agua rural en el área del proyecto. Se perforaron cinco pozos de prueba y cinco orificios de observación para conocer las características de los acuíferos.

Las profundidades máximas de perforación y ademe son de 130 y 127 m, respectivamente. La profundidad total taladrada es de 1,075 metros: 570 m para orificios de observación y 505 m para pozos de prueba. Se seleccionaron los lugares de taladrado y sus profundidades en base a los estudios anteriores en pozos existentes y prospecciones geológicas.

La ubicación de los pozos se indica en la Fig. 4.1.6. Las profundidades y otra información sobre los pozos aparecen en el Cuadro 4.1.3.

Se perforó un orificio de observación en principio en anticipación de un pozo de prueba, a unos 15-20 m de un pozo de prueba, para poder determinar con exactitud las constantes del acuífero.

Los resultados de perforación del orificio de observación se utilizaron para decidir la profundidad y posición de rejilla de un pozo de prueba, para evitar taladrars innecesariamente.

Se practicó la siguiente investigación en los pozos de prueba y los orificios de observación:

- a. Interpretación de la litología
- b. Diagrafía de resistividad y potencial espontáneo
- c. Diagrafía de temperatura del agua y conductividad eléctrica
- d. Pruebas de abatimiento por etapas
- e. Prueba de bombeo continuo y observación de la recuperación
- f. Análisis cualitativo del agua bombeada

## 2) Procedimientos y resultados de la operación

### Perforación

La perforación comenzó el 21 de septiembre de 1988, y finalizó el 11 de febrero de 1989. La perforación se realizó mediante tres equipos perforadores de tipo rotativo, un "GARDENER DENBER MODEL 1550" y dos "SCHRAMM T64-HB". El diámetro de perforación es de 8" para los orificios de observación y 14 3/4" para los pozos de prueba. El progreso de las operaciones de perforación aparece en la Fig. 4.1.7 y el Cuadro 4.1.4, y los resultados de la perforación en las Figs. 4.1.8 (1) a (10).

### Diagrafía de pozos

Se ejecutó la diagrafía de pozos, inclusive las mediciones de resistividad y potencial espontáneo, en todos los pozos de prueba y orificios de observación.

El propósito de la diagrafía de pozos es entender las condiciones geológicas, y también conocer con exactitud la posición del acuífero. La medición se realizó utilizando "Mc-OHM" preparado por el equipo de JICA, y "Johnson-Keck DR74" de propiedad del contratista local. Los resultados de la medición de resistividad concuerdan bien con los resultados del sondeo geoelectrico ejecutado en las proximidades.

Los resultados de la medición de diagrafía se manifiestan también en la Fig. 4.1.8 (1) a (10).

### Ademes y rejillas

Se utilizaron para el revestimiento de orificios de observación y algunos pozos de prueba tuberías de acero y de cloruro de polivinilo (PVC) no plastificado, de 4" y 8" de diámetro.

Los materiales utilizados como ademes y rejillas se especifican en el Cuadro 4.1.5.

#### Empaque de grava

Se utilizó grava natural tamizada, de 4 a 8 mm de diámetro para llenar el espacio anular entre el orificio perforado y la tubería de ademe de los orificios de observación y pozos de ensayo. Se recogió localmente del lecho fluvial del río Selguapa. La grava recogida de los lechos fluviales se compone de cantos rodados, subredondeados de tobas fusionadas y rocas basales preterciarias.

Para evitar que infiltrados de agua contaminada penetrasen en los pozos perforados a partir de la superficie del suelo, los 10 primeros metros del espacio anular de cada pozo se rellenaron de mortero y arcilla.

#### Desarrollo de los pozos

El desarrollo de los pozos se llevó a cabo utilizando un pistón y un compresor de aire. El método de operación combinada de pistón y compresor de aire se aplicó a los pozos de prueba, y el método de compresor de aire se utilizó para los orificios de observación. Las horas de operación del método combinado se especificaron en 48 horas para los pozos de prueba y 12 horas para los orificios de observación. En realidad, las horas de operación de casi todos los pozos superaron el período especificado, para mejor realizar el desarrollo del pozo. La operación del método de aire comprimido fue especificada para elevar agua durante tres horas continuamente a caudal total de 220 l/s para los pozos de ensayo, 6 25 l/s para orificios de observación, seguido de un descanso de una hora.

#### 4.1.5 Prueba de bombeo

El propósito de la prueba de bombeo es entender las características hidrogeológicas del sistema de acuíferos, y también sus características hidráulicas. La prueba de bombeo consta de una prueba de abatimiento por



etapas, una prueba de bombeo en continuo y una prueba de recuperación. Como se perforaron en cada lugar de prueba un pozo de prueba y un orificio de observación, ambos niveles de agua de los pozos se midieron simultáneamente durante las pruebas de bombeo.

Se utilizaron bombas sumergibles a motor para la prueba de bombeo, y se realizó la medición del caudal de descarga constante mediante un piezómetro.

Los resultados de las pruebas de bombeo se ilustran también en la Fig. 4.1.8 (1) a (10).

#### 1) Prueba de abatimiento por etapas

Esta prueba se ejecuta para entender las características del acuífero a diferentes descargas.

Como la duración de bombeo de cada etapa en la prueba de abatimiento por etapas dependerá de las condiciones del acuífero, se mantuvo una etapa durante 1-2 horas, y normalmente se realizaron cuatro etapas de descarga diferente para cada pozo, salvo los TW-01 y OH-01. La prueba de abatimiento por etapas en Las Liconas (TW-01, OH-01) se detuvo en la tercera etapa debido al gran declive del nivel de agua de bombeo. Por consiguiente, la capacidad de rendimiento del pozo se considera deficiente.

En el curso de la prueba de abatimiento por etapas, el nivel de agua de cada pozo se estabilizó en cierta medida, o presentó un estado de equilibrio, al término de cada etapa, salvo TW-01 y OH-01.

Las capacidades específicas de los pozos de prueba calculadas a partir de los datos de abatimiento por etapas, como se indica en el Cuadro 4.1.6 (1), oscilan entre 0.46 y 3.55, exclusive el resultado de la prueba de bombeo de Las Liconas.

## 2) Prueba de bombeo continuo y prueba de recuperación

Para la prueba de bombeo continuo, se mantuvo un caudal de descarga constante durante 72 horas. El propósito ordinario de este ensayo es obtener las constantes hidrogeológicas como transmisividad y estratificación. Además, se tomaron muestras de cada pozos de prueba al final de la prueba de bombeo en continuo.

La prueba de recuperación se realiza midiendo la elevación del nivel de agua una vez terminado el bombeo continuo. La medición se continuó normalmente durante 12 horas o hasta que el nivel de agua se hubo recuperado a su valor original.

Tanto el resultado de la prueba de bombeo continuo como el de la de recuperación han sido interpretados gráficamente por el método de inequilibrio de Jacob (Fig. 4.1.8 (1) a (10)). Como se indica en el Cuadro 4.1.6 (2) y (3) en la que se han resumido los resultados del análisis, las características del acuífero se explican brevemente como sigue:

- A juzgar por el resultado de la prueba de bombeo en Las Liconas, las capas de arena interlaminaadas en la parte central de los depósitos lacustres tienen una permeabilidad sumamente baja. Por lo tanto, se prevé un potencial de agua subterránea insuficiente para el desarrollo futuro en la parte norte y centro de la cuenca de Comayagua.
- Los niveles de agua estáticos de los pozos de prueba indican 7 a 36 m de la superficie del suelo, y los abatimientos tras el bombeo de 72 horas oscilan entre 2 y 15 metros. Sin embargo, salvo el resultado de prueba en Lamani, donde el nivel de agua es más profundo, los niveles de agua estáticos están dentro de una gama de 11 metros de la superficie del suelo, y los abatimientos oscilan entre 6 y 15 metros.
- La pérdida del pozo se estima en aproximadamente 50% para el nivel de agua freático (agua subterránea poco profunda) y aproximadamente 10% para el agua artesisiana (agua subterránea profunda).

- Las conductividades hidráulicas obtenidas varían entre  $3 \times 10^{-3}$  cm/s y  $1 \times 10^{-2}$  cm/s. Como la superficie del acuífero se hace más grosera en el tercio sur de la cuenca, se prevé una conductividad hidráulica relativamente alta, de probablemente  $1 \times 10^{-2}$  cm/s o más.

#### 4.1.6 Sistema de acuífero

##### 1) Situación hidrogeológica general

En la cuenca de Comayagua, como se describe en la sección 4.1.2, los depósitos de abanico aluvial son bastante gruesos, probablemente de 20-30 m ó más, en la mitad septentrional de la cuenca, mientras que depósitos aluviales muy delgados de unos pocos metros en sus extensiones más gruesas se extienden en la mitad meridional del valle. Los depósitos lacustres diluviales originados a partir de tobas finas acídicas y/o toba fusionada subyacen a estos depósitos aluviales.

Por consiguiente, los pozos poco profundos excavados están dentro de los depósitos de abanico aluviales en la zona norte, mientras que penetran en los depósitos lacustres diluviales en la zona sur. Los pozos entubados profundos penetran usualmente en los depósitos lacustres diluviales a través de los depósitos aluviales.

A juzgar por el resultado de la perforación de pozos de ensayo y por las pruebas de bombeo y de la exploración geofísica, los acuíferos en el Area de Estudio se clasifican en un acuífero freático y uno artesiano. El primero está formado de ordinario en depósitos de abanico aluvial que contienen agua freática, mientras que el segundo está en depósitos lacustres diluviales intercalados con el acuífero artesiano, conteniendo agua confinada.

Comparando las capas de resistividad obtenidas con los resultados del sondeo de resistividad eléctrica (ver la Sección 4.1.3), el acuífero de agua freática consta ordinariamente de las capas 1, 2 y parte de la 4, mientras que el acuífero del agua confinada corresponde a las capas 3 y 4 (ver Fig. 4.1.5).

## 2) Características físicas y químicas del agua subterránea

### a. Coeficiente de transmisividad y permeabilidad

A partir del estudio de revisión de los resultados de las investigaciones previas, y de los datos recogidos, se dispone de diversos valores que indican las características del acuífero. El Cuadro 4.1.7 presenta los coeficientes de transmisividad y permeabilidad obtenidos a través de la investigación previa y reanálisis del experto de JICA para este estudio.

Como se indica en esta tabla, la transmisividad de los acuíferos en la cuenca de Comayagua varía en una gama de 20 a 60 m<sup>2</sup>/día; y entre  $1.5 \times 10^{-3}$  cm/s y  $3.0 \times 10^{-3}$  cm/s en términos de coeficiente de permeabilidad y conductividad hidráulica. Aunque los pozos están dispersos por todo el valle de Comayagua, y las posiciones de las rejillas en los mismos varían en su profundidad, el valor obtenido es bastante similar. Esto indica que las propiedades físicas de los acuíferos son prácticamente similares tanto en los depósitos aluviales como en los diluviales.

En el caso de agua confinada, el coeficiente de permeabilidad obtenido a partir de los resultados de prueba de bombeo (Cuadro 4.1.6) indica una correlación relativamente alta con la resistividad de capas obtenida del sondeo eléctrico de resistividad. En base a la correlación entre el coeficiente de permeabilidad y la resistividad de capas, y la relación de contención de la capa de arena, la transmisividad para toda el Area de Estudio se calcula y expresa en forma de la Fig. 4.1.9. A partir del mapa de transmisividad, se observa que el área de transmisividad relativamente alta está distribuida en el área marginal y en el área sur de la cuenca de Comayagua.

Por otra parte, la conductividad hidráulica del agua freática se supone de aproximadamente 3 m/día, aunque los datos para este parámetro son notablemente limitados.