

3.4.2. Resultados de los análisis de agua

1) A: Agua cruda para beber

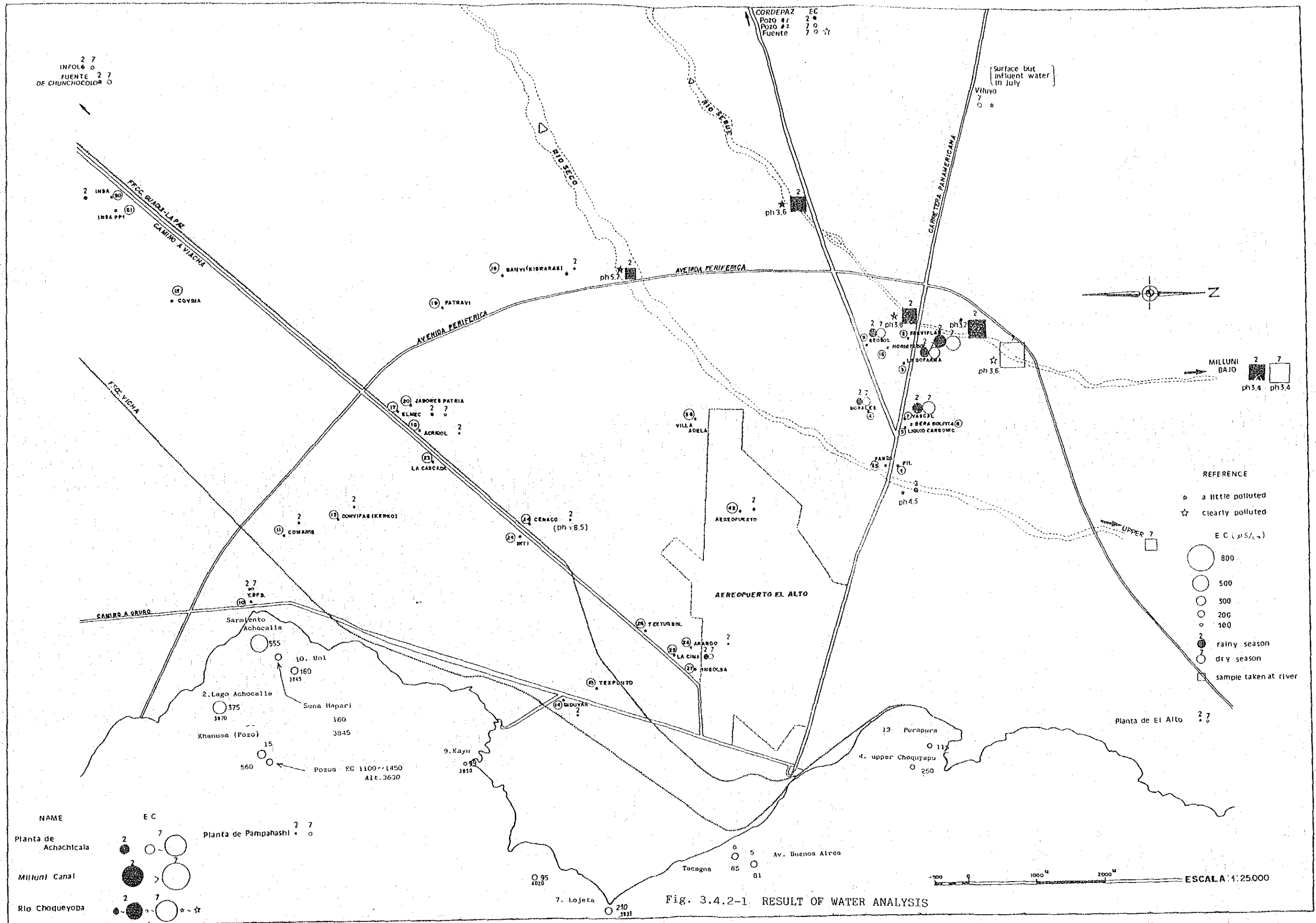
a. Calida de agua de 5 represas y lagos

La calidad de agua fué examinada en 5 almacenamiento de reserva mostradas en la Fig.3.4.2-1. La mejor calidad de agua se encontró en Tuni y Condoriri : EC 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$, pH 7.0 a 7.5, dureza y hierro con un porcentaje muy bajo, la apariencia (turbidez y color) fué muy baja. Las siguientes fueron las represas de Incachaca y Hampaturi: EC, pH, dureza y hierro bajos, apariencia (color) disolución KMnO_4 un tanto altos. Esto parece que se debe a la contaminación de sustancias orgánicas. Sin embargo, las aguas de la represa de Milluni, tiene un bajo pH (pH 3, 5) con un Alto contenido de hierro y manganeso. En estas aguas crudas, los metales pesados y sustancias venenosas, como el Cd, Co, Zn, Sn, etc. a veces son sus contenidos.

b. Aguas superficiales (Aguas de Río) usadas como recursos de agua

La calidad de agua del Río Choqueyapu fluctua largamente en tiempo y condiciones y es afectada por la contaminación. Todos los items nos muestran largas fluctuaciones (EC 110 a 280 $\mu\text{s}/\text{cm}$, dureza 50 a 130 ppm, $\text{KMnO}_4 > 5$). En la mayoría de los exámenes de bacteria el resultado fué "positivo" y los registros bacteriológicos de SAMAPA muestran altos efectos de contaminación, (Algunos registros máximos anuales muestran 1,000 ppm a 2% TDS).

A excepción de 1 Tuni y Condoriri, otras 4 fuentes de aguas fueron escogidas, en las que las sales disueltas se concentran más en las estaciones secas que en las de lluvia. En Tuni y Condoriri, la fluctuación



anual del EC es de 50 a 70 $\mu\text{s}/\text{cm}$, sin tener una gran variación entre las estaciones de lluvia y de sequia, indicando que la fluctuación estacional de sales es pequeña.

c. Registros anuales de medición de calidad de agua por SAMAPA

La calidad de aguas de cada lugar de provisión es analizada periódicamente por SAMAPA, (2 veces al mes 1983 a 1984). Los resultados mostramos en la tabla siguiente de Junio 1983 a Junio 1984.

River/ Dam	Water Temp.	pH	TDS	Alkalinity/ Acidity	Total Hardness	Other Item
	min.-max.	min.-max.	min.-max.			
Tuni	4.0-11.0	6.4-8.3	34- 123	3.7-12.7	-	11.4-27.2
Condoriri	6.0-15.0	6.8-8.3	40- 98	7.6-19.6	-	15.3-29.4
Incachaca	1.5-10.5	6.7-7.3	56-265	9.5-23.3	-	19.4-73.1
Hampaturi	0.5-12.0	7.2-7.6	39-129	10.8-17.9	-	25.9-27.2
Choqueyapu	3.5-17.0	6.6-7.8	191- *	9.0-25.1	-	25.9-613 Fe 0.1-310
Milluni	4.5-16.5	3.0-3.7	453-2013	-	138-626	-879.6 **
TDS of Choqueyapu : * max. : 21230, 4658 etc. Mn -- 12.7, SO_4 26.0-102						
For Milluni : ** Fe 41.8-242.1, Mn 0-32.6, SO_4 221.4-613						

Los resultados de los exámenes de bacteria (de Enero a Junio 1984) nos muestran que a excepción del agua de Milluni, que es siempre ácida, el valor detectada de bacteria (cuenta MPN) crece como mostramos en la tabla. Significa que, es mínimo en el Tuni, Condoriri y es máximo en el Choqueyapu. Las áreas de las represas de Incachaca y Hampaturi son lugares de pasteo de ganado, por este motivo las aguas son contaminadas con sus desechos. Los sustancias orgánicas y componentes de color son un poco más que en Tuni y Condoriri.

2) B: Agua tratada para beber y suministro de agua a la ciudad de La Paz

a. El agua tratada de cada planta de purificación y el agua de suministro son aplicadas con la calidad standard o normal de la AWWA (Asociación Americana de Trabajos de Agua), normalmente la buena calidad del agua se obtiene con tratamiento de Cloro.

Plantas de Purificación del Alto y Pampahasi

El agua cruda tiene buena calidad y con el tratamiento de seguridad de SAMAPA, el agua tratada tiene un Alto pH (pH>9) pero el EC, dureza y hierro son bajos, en el suministro y distribución de agua se detectó Cloro residual.

Planta de Purificación de Achachicala

El agua tratada tiene una calidad variada con las condiciones de Milluni, del Río Choqueyapu, el agua cruda del Tuní y Condoriri.

Cuando se usa el agua de la represa de Milluni, se utiliza mucha cal para el tratamiento del hierro y Manganeso, el agua tratada muestra en algunos casos alta evaporación, residuos contenidos pH y dureza en los resultados de los exámenes de agua a excepción de estos casos satisface el nivel del agua bebible. En el suministro o distribución del agua, se detectó Cloro residual.

b. Resultados de los analisis de calidad de agua tratada en cada planta de Purificación

Los datos de registros anuales de SAMAPA, (1 vez al mes, 12 veces al año) son como sigue:

Treated water quality

Purificación Plant	pH	TDS (ppm)	Total Hardness as CaCO ₃	Residual Cl (ppm)
Achachicala	8.6 - 9.2	52 - 590 (T-Fe 0.3, Mn 0.0 - 0.4)	26 - 316	0.1 - 0.2
Pampahicala	9.0 - 9.2	57 - 68	31 - 44	0.1 - 0.2
El Alto	8.8 - 9.1	47 - 49	25 - 28	0.1

Los términos de resultados de los análisis de calidad de agua a travez del año son:

El agua de Pampagasi y el Alto, muestran las mismas condiciones que el agua cruda, indicando una calidad estable de agua con poca fluctuación.

Mientras que, el agua tratada de Achachicala, muestra una gran fluctuación de calidad de agua anualmente. Es difícil su tratamiento y requiere en Alto costo químico que en las otras Plantas de Purificación.

La mejor forma es el tratamiento de manganeso por sedimentación.

3) C: Sistema de agua afectada por desechos mineros del agua de las Minas de Milluni

a. En los exámenes y análisis de 12 muestras de agua incluyendo aguas subterráneas de la parte Norte en época de lluvia, en el Distrito del Alto (incluyendo aguas de Milluni) se detectó metales pesados, sustancias venenosas (Arsénico sobre el límite en Coca Cola). Por esto en época de sequía se seleccionaron 10 muestras incluyendo pozos domesticos, (el agua subterránea tiene un poco Alto el EC) y otros analizados en Japón.

Fueron analizadas aguas subterráneas en lugares como VASCAL, (Coca Cola) tres muestras de HORMITABOL y FANVIPLAN y fueron examinados de metales pesados y sustancias venenosas. Los resultados mostramos en la Tabla 3.4.2-1.

b. En los exámenes de agua en la estación de lluvia, se encontró arsénico en exceso en la calidad de agua (0.05 ppm) detectada 2 veces en las aguas de VASCAL. En consecuencia en la estación seca, se hizo un examen de confirmación y el valor obtenido fué un poco más bajo que el valor normal.

En Julio, la época seca, la cantidad de agua en el pozo de VASCAL

Table 3.4.2-3 Analytical results of heavy metals and poisonous materials by JICA Team
(x micro gram/l, for others mg/l)

Samples		As	Cr ⁶⁺	Hg _x	Cd	Pb	Sn	Ba	Sb	Cu	TFe	Mn	Zn
Entrance of Milluni Mine	2/24	1.3	<0.1	<1	0.79	0.2	3.2	<50	0.09				
	7/21	0.29	<0.1	<0.5	<0.02	<0.1	<0.06		0.06	0	74.7	6.5	8
Outlet of Milluni Chico	2/24	0.19	<0.1	<1	0.09	<0.2	0.5	<50	<0.04				
	7/21									>40	813	111.2	>40
Outlet of Milluni Dam (Down flow)	3/ 6	0.08	<0.1	<1	0.06	<0.1	0.8	<25	<0.04				
	7/21									1	46.7	9.3	7-8
Milluni Canal	3/	<0.08	<0.1	<1	0.06	<0.1	0.5	<25	<0.04				
	7/21	<0.02	<0.1	<0.5	<0.02	<0.1	<0.06		0.06	5	46.7	9.3	8
Milluni bajo Bl	3/	0.08	<0.1	<1	0.04	<0.1	<0.3	<25	<0.04				
	7/27	<0.02	<0.1	<0.5	<0.02	<0.1	<0.06		<0.02	(0.5	1.4	2.6	
	7/ 9									5	0.2	1.4	10)
Rio Seque	7/ 9	<0.02	<0.1	<0.5	<0.02	0.1	<0.06		<0.02	0.5	0.2	0.0	8
HORMITABOL	7/ 7	<0.02	<0.1	<0.5	<0.02	<0.1	<0.06		<0.02				
FANVIPLAN	7/ 7	<0.02	<0.1	<0.5	<0.02	<0.1	<0.06		<0.02				
VASCAL	3/ 3	0.07	<0.1	<1	0.02	<0.1	<0.3	<25	<0.04				
	3/25	0.08	<0.03	<0.5	0.005	<0.03	<0.07	<5	<0.01				
	7/ 7	0.04	<0.1	<0.5	<0.2	<0.1	<0.06		0.08		0		
INFOL	3/12	<0.08	<0.1	<0.5	0.02	<0.1	<0.3	<20	<0.04				
	7/26	<0.02	<0.1	<0.5	<0.02	<0.1	<0.06		<0.02				
ELMEC	7/ 8	0.01	<0.03	<0.5	0.005	<0.03	<0.07	6.7	<0.01				
LA CIMA	7/10	<0.02	<0.1	<0.5	<0.02	<0.1	<0.06		<0.02				
CORDEPAZ (POZO)	7/25	<0.02	<0.1	<0.5	<0.02	<0.1	<0.06		0.17				

NOTE: In all data in July, Se <0.05 and V (Vanadium) <0.1.

fué pequeña, de manera que el agua estancada también fué usada. Si se hizo la disolución del agua estancada en la estación seca, significa que no hay problema con el arsénico.

c. En los otros pozos incluyendo la parte Central-Sud y Oeste del Alto, por precaución se revisó el agua de metales pesados y sustancias venenosas (4 pozos siguientes a INFOL en la tabla) y todos los valores fueron más bajos que el valor standard o normal.

4) D: Aguas subterráneas en el Distrito del Alto

a. Resultados de exámenes en estación de lluvia

- Parte Norte paralela a la carretera Panamericana

En todos los pozos, la apariencia (turbidez y color) fué buena (casitransparente) pH neutral (0.5 a 7.5) y se compara con los demás pozos de la parte Central y la parte Sur del Alto, EC y dureza total fueron altos (200 a 420 y 69 a 179 $\mu\text{s}/\text{cm}$) La disolución KMnO_4 fué de 2 a 5 ppm. En una muestra, se encontró Amonio Nitrogeno, que muestra la posibilidad de contaminación con agua de alcantarilla se detectó contra el mínimo límite de detección (0.4 ppm).

Las aguas en los pozos se encontraron de 30 a 60 m en la mayoría de los casos y en VASCAL Cola Cola fué de 80 m.

- Parte Central Sud (Sud del Aeropuerto)

En casi todos los pozos de esta area, la calidad del agua fué buena, EC bajo 100 $\mu\text{s}/\text{cm}$, excepto No.4 (No.17, ELMEC 105, No.25 LACIMA 140, No.31 INSA 125, A Aeropuerto 110), pH neutral (cerca a 7) en todos los pozos menos 1 (No.29 CENACO pH 9), disolución KMnO_4 bajo 5.

- En pozos poco profundos en la parte Central-Sur se midió la calidad de agua subterránea en 4 puntos. La vertiente de l lago Chonchocoro, pozos poco profundos de las casas, pozos de urbanización GEOBOL y de CORDEPAZ, (la parte Oeste del area examinada) mostró EC 97 - 114 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y pH 7.0 y 6.7 respectivamente (CORDEPAZ KMnO_4 cerca a 3) y de muestra que la calidad de agua es similar al agua subterránea en la misma area. Los pozos domesticos son poco profundos y en está area hay obviamente contaminada. Ligera turbidez, EC 255 $\mu\text{s}/\text{cm}$, KMnO_4 5 ppm y las bacterias generales "positivas". Por esto, se juzga que la calidad del agua es diferente de los pozos profundos de la misma area.

b. En el exámen de calidad de agua en las estaciones de lluvia y seca, las aguas subterráneas de las fábricas a lo largo de la carretera Panamericana muestra una inclinación del EC, (sal disuelta) de 200 a 400 $\mu\text{s}/\text{cm}$, obviamente Alto. Al otro lado, el agua subterránea en las partes central y Sur del Alto, tenían EC bajo 100 a 150 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en mayoría.

c. En la estación seca en la parte Central del Alto, la calidad del agua subterránea casi no cambia aún en la estación de lluvia. Sin embargo, el agua subterránea de las fábricas paralela a al carretera Panamericana muestran una tendencia a subir en las épocas secas que en la estación de lluvia.(Desde Tabla 3.4.2-3 hasta Tabla 3.4.2-7)

La diferencia de la calidad de aguas entre las areas indicadas muestran la posibilidad de que el recurso de agua sea diferente de las demas areas, significa que el agua subterránea cerca de la carretera Panamericana en la parte Norte puede recargarse con agua cruda de

Table 3.4.2-4 RESULTS OF ANALYSIS - 1 (Comparisons of the data between rainy and dry season)

WATER WORKS	Achachicala			Rio Choqueyapu		(Distribuida)				
	2/9 (Cruda) (Muestra)	2/9 (Filtr.) (Milluni)	7/21 (Cruda (Precip.) (neutr.))	7/9 (Cruda (Precip.) (neutr.))	2/11 Inlet	7/9 Inlet	7/14 (upper 1 km.)	2/12 from Acahchicala System	7/8 Hotel Grillon	7/22
Appearance (Apariencia) (Turbiedad/color)			faint turbid		turbid	turbid	turbid			
P H	5.88	9.0	3.5	9.3	7.3	7.5	7.1	9.1	8.6	8.3
E C (µS/cm)	330	335	835	580	110	65	280	500	610	615
T S (Residue totale)										
P-Alk (Alcalinidad-P)			Acidity	Alk 3.8						
T-Alk (" -T)			147.7	15.5	16	23	28	12.2	16.9	18.1
CaH (Dureza-Ca)										
MgH (" -Mg)										
Total-H as CaCO ₃ (" -T)	300	178	197.4	304.8	49	119	130	194.5	310	326
KMnO ₄ -cons. (COD)					5	10	5	0.4	1.0	0.8
Res-Cl ₂										
Nitrogen-NH ₃				0.6	0.5	0.4	0.4			
-NO ₂				0	<0.006	0.006	0			
-NO ₃				0	<0.23	0.23	0	<0.23	0.23	0.3
Total-Fe (Hierro-T)	1.5-2.0	<0.1	8.3	<0.2	0.2	0.2	0	-	0.2	0.4-0.5
Mn (Manganeso)			9.3	0.62		0.17			0.34	0.6
Heavy Metals										
(Metal pesado) Cu			0	0						
Zn			7-8	0.8					4	0.8
Etc.										
Remarks (comentar)										

Table 3.4.2 - 5 RESULTS OF ANALYSIS -2 (Comparisons of the data between rainy and dry season)

WATER WORKS		El Alto				
Date (Fecha)	2/10	2/12	7/14	7/14	7/20	
Kind of sample (Classe)	(Cruda)	(Distrib)	(Cruda)	(Filtr.)	(Distr)	
Sample (Muestra)	(Filtr.)	(Distrib)	(Cruda)	(Filtr.)	(Distr)	
Appearance	Vill. Dolo Tupak					
(Apariencia)	T-1, C<2					
(Turbiedad/color)						
P H	7.2	8.7	7.5	9.0	8.8	
E C (µS/cm)	53.3	74	65	66	68.5	
T S (Residue totale)						
P-Alk (Alcalinidad-P)				2.6	2.2	
T-Alk (, -T)		18.7	16.2	20.7	19.6	
CaH (Dureza-Ca)						
MgH (, -Mg)						
Total-H as CaCO ₃ (, -T)	(25)	26.1	22.7	25.9	27.8	
XMNO ₄ -cons. (COD)			5	3	3-4	
Res-Cl ₂		0.1				
Nitrogen-NH ₃	0	-	0	0	0	
-NO ₂	0	-	0	-	0	
-NO ₃	0	<0.23	0	0	0	
Total-Fe (Hierro-T)	<0.2	-	0	0	0	
Mn (Manganeso)						
Bacteria (general-total)						
(faecal)						
Bacter Metals,						
(Metal pesado) Cu						
Zn						
Remarks (comentar)						

Table 3.4.2 - 6 RESULTS OF ANALYSIS - 3 (Comparisons of the data between rainy and dry season)

WATER WORKS	Pampahasi		Kampaturi	Pampahasi		SAMAPA (Mixture of El alto of	
	2/10	2/10		7/13	7/13	3/9	7/20
Date (Fecha)			3/12				
Kind of sample (Clase)	(Cruda)	(Filtr.)	(Cruda)	(Cruda)	(Filtr.)	(Distribuida)	(Central Laboratory)
Sample (Muestra)							
Appearance				A little			
(Apariencia)	T > 5	1	1	turbid			
(Turbiedad/color)	C > 10	10	10				
P H	7.0	9.0	7.5	7.6	9.1	8.8	8.8
E C (µS/cm)	51	70	57	110	111	60	96
T S (Residue totale)						(68)	
P-Alk (Alcalinidad-P)					6.2		1.6
T-Alk (Dureza-Ca)			17.7	27.3	34.4	(23.2)	28.4
MgH (Dureza-Mg)							
Total-H as CaCO ₃ (° -T)	(25)		24.0	36.8	38.7		44.5
KMnO ₄ -cons. (COD)	10		5	4	4	5	4-5
Res-Cl ₂		0.1				(0.4)	
Nitrogen-NH ₃	<0.4	-	0	0	0	<0.4	<0.4
-NO ₂	<0.02	-	0	0	0	0	0
-NO ₃	<0.23	-	<0.46	0	0	0	0
Total-Fe (Hierro-T)	-	-	0	0	0	(0.2)	0
Mn (Manganeso)							
Bacteria (general-total)	(+)						
(faecal)	+						
Heavy Metals,							
(Metal pesado) Cu							
Zn							
Remarks (comentar)							

Table 3.4.2 - 7 RESULTS OF ANALYSIS - 4 (Comparisons of the data between rainy and dry season)

Date (Fecha)	2/17 7/7	2/17 7/7	2/17 7/7	2/17 7/7	2/17 7/7	2/17 7/7	2/17 7/7	2/17 7/7	2/17 7/7	2/17 7/7	2/18 7/10	2/19 7/10	2/19 7/10	2/19 7/10	2/19 7/10	2/19 7/10	2/19 7/10	3/11 7/10		
Kind of sample (Clase)	2	8	9	4	7	10	17	25												
Sample (Muestra)	FANVIPLAN	HORMITABOL	GEOBOL	MORALES	VASCAL	YPFB	ELMEC	LA CIMA												
Appearance (Apariencia) (Turbiedad/color)	T, C ~0	~0	~0	~0	T, C ~0 ~0	~0	~0	~0	~0	~0	~0	~0	~0	~0	~0	~0	~0	~0	slight turbid	
P H	7.0	7.2	7.1	6.9	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	8.0	7.4	7.5	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	6.9	
E C (µS/cm)	420	465	310	200	345	410	64	67	105	77.0	140	140	140	95	95	99	99	99	99	
T S (Residue totale)	(15°)	(13°)	(12°)	(13°)	(12°)	(13°)	(13°)	(13°)	(13°)	(14°)	(13°)	(13°)	(13.5)	(14°)	(14°)	(14°)	(14°)	(14°)	(14°)	
P-Alk (Alcalinidad-P)																				
T-Alk (Dureza-Ca)	81.3	80.2	34.1	23.5	29.1	21.0	25.1	21.6	25.1	21.0	25.1	21.6	21.6	25.1	21.6	21.6	21.6	21.6	30.7	
MgH (-Mg)																				
Total-H as CaCO ₃ (-T)	178.7	177.4	109.6	97.5	69.0	79.4	69.0	79.4	22.2	19.3	38.8	35.7	31.5	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	21.3	
KMnO ₄ -cons. (COD)	3~4, ~3	3~4	~3	~3	~3	~3	~3	~3	<5	3	2~3	~3	~3	~3	~3	~3	~3	~3	~3	
Res-Cl ₂																				
Nitrogen-NH ₃	0	0	<0.4	0	0.4~0.8	0	0	0	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0	0	0	
-NO ₂	0	0	0	0	<0.006	0	0	0	0	0	0	0.006~15	<0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	0.006	
-NO ₃	0	0	0	0	<0.23	0	0	0	0	0	0	0.46	<0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	
Total-Fe (Hierro-T)	0.2	0	0.2~0.3	0	<0.2	0	0	0	<0.2	0	<0.2	0.5	<0.2	0	0	0	0	0	0	
Mn (Manganese)																				
Bacteria (general-total) (+)																				
(faecal)																				
Heavy Metals, (Metal pesado)																				
Cu																				
Zn																				
Etc.																				
Remarks (comentarios)			3/25 PH6.7 EC300	3/25 PH6.6 EC220																

Table 3.4.2 - 8 RESULTS OF ANALYSIS - 5 (Comparisons of the data between rainy and dry season)

Date (Fecha)	2/23 7/21	2/23 7/9	7/25 7/27	7/9	2/24 2/11 7/9 7/14	3/11 7/25	3/11 3/25 3/25
Sample (Muestra)	RIO SECO UPPER	RIO SEQUE	RIO SEQUE	RIO SEQUE	CHOQUEYAPU	CHUNCHOCORO	DUG WELL SPRING
Appearance (Apariencia) (Turbiedad/color)	*	*			T,C ~2.0	T,C~0	a little turbid a little turbid
P H	4.5 4.2	3.2 3.55	3.3 3.4	3.63	7.2 7.3 7.5 7.1	7.0 7.1	6.7 6.82 6.92
E C (µS/cm)	160 415	570 827	865 565	923	150 110 65 280	97 120	114 101 117
T S (Residue totale)	(17°)					(15°)	(13°)
P-Alk (Alcalinidad-P)	Acid. Acid.	Acid. Acid.		Acid.	20.8 16 22.9 27.8	46.9 42.6	32.8 94.4 38.7
T-Alk (-T)	9.1 22.2	89.0 131		150			
CaH (Dureza-Ca)							
MgH (-Mg)							
Total-H as CaCO ₃ (-T)	60.9 157.1	170.2 272.9	242.2	263	65.6 48.9 119.1 130.1	41.5 39.8	32.6 76.2 41.6
KMnO ₄ -cons. (COD)	20	>20	>200*	>200*	~5 5 ~10 5	3	3 60 3
Res-Cl ₂							
Nitrogen-NH ₃	≤ 0.4	≤0.4 0.8	<0.4	<2~3	0.4 0.5~1 0.4 0.4	≤0.4 0	0 ~0.6 <0.4
-NO ₂	<0.006	0 0	<0.006	0	<0.006 0.006 0	0	0
-NO ₃	<0.23	<0.23 0 0	0 0	0 0	<0.23 0.23 0 0	0 0	≤0.23 0 0
Total-Fe (Hierro-T)	0 0.8	2.0 ~0.2	0.7~0.8 1.4	5	~0 0.2 0.2 0	0	0.2 0.7 0
Mn (Manganese)	- 2.3	- 0	6.8 2.6	1.4	- - 0.17 -	- -	- -
Bacteria (general-total) (faecal)							(-)
Heavy Metals, (Metal pesado)							(-)
Cu	0 0	~0.5 0.5	≤0.5	0.5	0 0		
Zn	~5 7~8	5~10 ~8	10	10	0 0		
Etc.							
Remarks (comentar)				*High			

cualquier fluctuación de estación. Por ejemplo, el agua superficial de flujos de estación, en cantidad y la calidad del agua muestra un Alto disolvente de concentración de sal.

- 5) E: Las aguas subterráneas que sirven de referencia para el desarrollo de aguas subterráneas en el futuro en el Alto de La Paz

En el exámen de calidad de agua, de pozos subterráneos, vertientes etc. no tienen un problema específico de calidad de agua, excepto la contaminación con las sustancias orgánicas.

En el área Oeste de la ciudad de La Paz, este del Alto, existen vertientes en un espacio muy grande, y fueron tomadas muestras para ser analizadas si pertenecen al mismo sistema de aguas subterráneas en el Distrito del Alto de La Paz. El valor EC de cada muestra es como mostramos abajo:

Las muestras del agua de vertiente y aguas subterráneas en relación a sus posiciones, altura y flujo del agua subterránea del Alto, muestra un Alto EC capaz de disolver las sales subterráneas, muestra también, calidad de agua similar a las partes Central y Sur del Alto.

Excepto por el EC, los resultados de los análisis de estas muestras las indicamos en la Tabla 3.4.2-1.

Los pozos domésticos, en el área de KHANNA, muestran el EC más Alto que en la parte Central del Alto. De este modo, se hizo un exámen de edad del agua (reagent tritium).

- 6) F: Aguas superficiales y flujos artesianos

a. La calidad de agua fué examinada en el Río Seco en el Distrito del Alto, Río Seque que va al Oeste (cuyo origen es la Represa de Milluni), y el Río Choqueyapu, que corre por el centro de la ciudad de La Paz (utilizado

en parte como un Río de traпонamiento). También fueron analizadas las vertientes que fueron consideradas como parte del agua subterránea, corriente que va por el camino a Laja donde está CORDEPAZ, al final Oeste del area estudiada, y se dice que no se seca durante todo el año igual que en los pozos del lado Este. (En la estación de lluvias se hizo un test en un pozo poco profundo al Oeste de CORDEPAZ).

b. El Río SECO corre de Norte a Sur-Oeste y el flujo de agua no es muy grande, es usado por los habitantes del lugar para lavar, etc. Excepto una porción al final Este del Area en la pendiente frontal de La Paz, esta area no tiene alcantarilla, las aguas de deshecho van a la calle y parte al Río SECO, contaminando sus aguas.

Ambos Rios SEQUE y SECO, tienen muy poco flujo en la época seca comparando con la estación de lluvia (generalmente es de 0 en la superficie) y hay solo flujo de desechos en el Río.

El Río SEQUE tiene un flujo de cerca a la mitad en la estación de lluvia de 5 a 10 kms corriente arriba de la carretera Panamericana y el flujo confirmado es muy pequeño.

Se recogieron muestras también de PONKOTA y VILUYO, al oeste de la carretera Panamericana y en la estación seca, el agua se infiltra a la tierra.

El Río SEQUE está comunicado con canales de agua que vienen de la Represa de Milluni. Está contiene desechos mineros y los resultados lo indican, las piedras del lecho del Río tienen una tonalidad de color rojo, que indica el contenido de hierro en el agua.

Como anteriormente describimos, el Río Seque SECO no tienen substancialmente agua a excepción de corriente arriba. Los resultados de los analisis de agua en estos tres puntos es como sigue:

1) Río Seco

		pH	EC	Total Hardness	Nitrogen NH ₃	Consumpción of KMNO ₄
UPPER STREAM	A1	4.5	160	60.9	0	20
MID STREAM	A2	5.7	340	92.7	8	150-200
DOWN STREAM	A3	9.95	250	90.1	0	15

Refer Fig.3.4.2-2 LOCATION ON OBSERVATION SURFACE WATER CONCERNING A1, A2 AND A3

2) Río Seque

		pH	EC	Total Hardness	Nitrogen NH ₃	Fe	Consumpción of KMNO ₄
UPPER STREAM		3.2	570	170	< 0.4	2.0	> 20
MID STREAM		3.6	540	170	< 0.4	0.5-0.1	15-20
DOWN STREAM		3.6	520	178.2	< 0.4	0.2-0.3	> 20

c. El Río CHOQUEYAPU que cruza la ciudad de La Paz, fué analizadas en la Planta de Purificación de Achachicala, tomando aproximadamente 1 km corriente arriba El agua de este Río mostró una larga fluctuación, incluyendo calidad de agua de las estaciones.

El coliforme y las pruebas de bacterias muestran "positivo" no hay discriminación entre estación seca y estación de lluvia.

3.5 Balance de aguas

3.5.1 Método de analisis

1) Formaula de calculo

En orden de calcular los recursos de agua útiles, se estableció un modelo de balance en el Distrito del Alto y su vecindad, basada en datos hidrológicos, meteorológicos, resultados de los exámenes en el campo, analisis y pruebas y analisis de balances de agua.

Esto puede ser expresado por la siguiente ecuación:

$$P + I_s + I_g = E + O_s + O_g + \Delta S$$

donde

- P : precipitación
- I_s : influjo de agua de superfice (afluente)
- I_g : aguas subterráneas
- E : evaporación
- O_s : flujos hacia afuera de la superficie(efluente)

O_g : aguas subterráneas

ΔS : Cambio en la cantidad de almacenamiento

Se propone la obtención del ΔS de acuerdo con la ecuación de arriba. Sin embargo desde el lado Este del área a desarrollar las aguas subterráneas, forma una curva desde el risco, se espera que el flujo de área subterránea y su velocidad planeada en el punto del pozo no cambie.

Los métodos convencionales de dos dimensiones adelantaron una etapa del método tridimensional que toma en cuenta factores planeados y análisis de balance de agua que se hará con este nuevo método.

2) Cálculo de almacenamiento y cantidad desarrollada

Sumando a los resultados de balance de agua, calidad de agua y su cantidad de almacenamiento, se tomó a consideración para calcular la cantidad de desarrollo en cada región.

3) Plan óptimo de fuente de agua

Tomando en cuenta los resultados calculados de la cantidad de agua desarrollable, la cantidad de bombeo de agua segura, se estableció en cada región, y la cantidad propia de bombeo fué calculada.

Basada en el cálculo de la cantidad de bombeo propio, el modelo construido por el análisis balanceado para llevar una simulación de bombeo de pozos productivos, para encontrar la cantidad de bombeo planificado en el propio impulso de los pozos planeados.

4) Impacto del medio ambiente

Las evaluaciones cualitativas y cuantitativas del uso de los recursos de agua subterráneas como suministro de agua para SAMAPA.

Observando la calidad de agua de las fluyentes de minas y lechos de minas, que pueden contaminar los recursos de aguas subterráneas en este proyecto de desarrollo, los componentes específicos son desde el

punto de vista hidrológico basados en los resultados del examen y análisis hechos en el mismo lugar y también en el Japón.

3.5.2 Campo examinado

Para aumentar a cada examen mencionado anteriormente, se hicieron las siguientes pruebas porque parecían necesarias para los cálculos:

1) Pruebas y muestras de suelo

Cuando se analiza muestras de agua es necesario saber la permeabilidad y la capacidad de almacenamiento de las condiciones del campo. Las muestras de suelo nos conducen a entender cuantitativamente. Concretamente la formación La Paz, y la durmiente Moraine de donde el área examinada compuesta se seleccionaron puntos representativos, de cada punto se tomaron varias muestras que fueron analizadas.

Los datos obtenidos por la prueba de suelos fueron comparados con el resultado de los exámenes Topográficos, Geológicos, de prospección eléctrica, pruebas de bombeo, etc. divididos en tres datos dimensionales para el área estudiada. Usando estos datos, experimentando con modelos numéricos y simulaciones en computadora del comportamiento de la fluidez del agua subterránea podría ser más fácil.

a. Prueba de permeabilidad

Esto nos condujo a medir la facilidad (resistencia) con el paso de agua y se usó para medir la cantidad de flujo de aguas subterráneas, según los métodos de Dulgie Lao.

b. Prueba de porosidad

Esta prueba se hizo para saber cuánta agua puede almacenar cada componente (contenido).

c. Prueba de gravedad específica

Esta prueba fue conducida con el objeto de precautelar el componente del lecho del Rio, se hicieron y no existen muestras en el Japon.

d. Prueba de tamaño de granos

Esta prueba fue conducida para revisar los puntos a, b, y sumar al propósito similar c.

e. Prueba PF

Esta prueba fue hecha para conocer las características en la curva del agua y campo especifico. Los resultados del examen son como sigue:

Sample No. (Sampling Point)	Permeabilidad Test (cm/s)	Porosity (%)	Specific Gravity Test (Specific Gravity)	Grain Size Test (Median Grain Size)
A ₁	2.48 x 10 ⁻⁴	54.5(28.9)*	2.64	3.90
A ₂	4.31 x 10 ⁻⁴	56.0(35.5)	2.64	3.90
B	2.39 x 10 ⁻⁴	49.9(37.0)	2.66	2.99
C	1.37 x 10 ⁻¹	46.6(18.6)	2.68	3.81
D	6.21 x 10 ⁻⁵	48.2(26.3)	2.65	4.68
E	Not Observed	Not Observed	2.71	0.93

*: Natural water content

- Permeabilidad test
JIS A-1218
- Porosity measurement
JIS A-1203
- PF test
Attraction method and centrifugal method
(JIS A-1207)
- Grain size test
MARUI (1984)
- Specific gravity test
JIS A-1202

Del resultado de las pruebas, se consideró lo siguiente:

Muestras A y B tomadas de la formación La Paz

Del resultado de pruebas de permeabilidad, se e contró que la formación La Paz es Aquiclude.

(Significa que 3.06 cm/s = 100 m/año)

Esto concuerda con los resultados de los tamaños de grano cuyas

pruebas indican que el tamaño de los granos medianos es pequeño. Más que eso, en la capa que antecede a la capa morrena el principal Acuífero muestra un pequeño contenido de agua natural y esto parece que se debe a las muestras que fueron tomadas de la afloración de la tierra y las partes más profundas han llegado a saturarse.

El coeficiente de permeabilidad es de 10^{-4} cm/s en cualquier muestra y tiene una pequeña dispersión similar a otras pruebas, (porosidad) gravedad específica y tamaño de granos). La razón es probablemente que la formación La Paz, es comparativamente uniforme.

De los resultados PF, pruebas usadas en la muestra B, se considera que el contenido contenido de agua saturado (porosidad) menos que el agua en suspensión, cerca a 25%. Del gran valor de ingreso de aire (tubos capilares saturados en conductos de agua elevados) se considera que una gran cantidad de bombeo se realiza en sus capas, la baja del nivel de aguas subterráneas llegaran a ser grandes.

Muestras C.D. y E. tomadas de la capa morrena

Las muestras C y E, fueron tomadas de la matriz típica de la capa morrena, la muestra D fué tomada de la capa fangosa y gruesa de casi 80 cm incluidos en la capa morrena.

Con la muestra E, no se pudo medir la permeabilidad y la porosidad porque la permeabilidad fué muy buena por el método descrito anteriormente, no se hizo pruebas de permeabilidad.

Los valores de cada ítem de medición, tiene grandes dispersiones indica que la capa morrena es uniforme cuando se realiza el bombeo, se desearia hacer la prueba de permeabilidad en el campo (prueba de bombeo) en cada punto para coger el coeficiente de permeabilidad.

En las muestras de la capa morrena, la prueba PF, tampoco fué

hecha, sin embargo, la buena permeabilidad y el gran tamaño de los granos medianos, consideran que el campo específico de bombeo será cerca al 5% por el gran contenido de agua en la formación La Paz.

De tal manera, por el gran tamaño de los granos medianos, el crecimiento de la altura en los tubos capilares es bajo.

Además, el valor absoluto de porosidad es también pequeño y el contenido del agua en la agua absorbida es pequeño.

Todos estos puntos fueron tomados en consideración por lo cual podemos afirmar que el bombeo en el area de granjas no es bueno.

2) Prueba del tritium

Está prueba conduce a medir la edad de las aguas subterráneas.

En general, se espera que la edad antigua de las aguas subterráneas contenga muchas sustancias disueltas de la tierra y que el contenido de sustancias venenosas sea grande. Por otro lado, se espera que las aguas jóvenes del agua subterránea, estén afectadas por el agua de la superficie mientras continuen las pruebas. De tal modo, que la prueba del tritium en las aguas subterráneas contribuirán a seleccionar el lugar donde el agua subterránea ha de ser desarrollado y también a confirmar mientras el desarrollo se esté llevando a cabo. Por está razón, tres muestras fueron llevadas al Japón, las cuales en el presente estean bajo pruebas.

- Vascal	7 Julio 1987	0.5±1.2 tu
- Chonchocoro	31 Julio 1987	4.6±1.0 tu
- Achocalla	14 Julio 1987	3.6±1.0 tu

Segun datos de la Agencia Internacional de Energía Atómica (AIEA) relativos a las aguas subterráneas de las regiones de la América del Sur, las muestras de aguas subterráneas de Chonchocoro y de Achocalla son resultados de lluvias de hace pocos años. Por otro lado, las muestras de

las aguas subterráneas de Vascal son resultados de lluvias de hace 30 a 40 años. De los resultados del análisis del tritium no es fácil de descubrir si la muestra tiene 100 años o 1,000 años de edad.

En otras palabras, las aguas de manantial de Chonchocoro y de Anchocalla se produjeron de las aguas pluviales y aguas superficiales relativamente recientes que fluyeron bajo la influencia de la presión de las aguas subterráneas más antiguas. Por otro lado, las aguas subterráneas de Vascal se produjeron de las aguas de las montañas que llegaron después de mucho tiempo.

Los resultados de la prueba del valor PF del suelo de Achocalla ubicado en el estrato La Paz indican que este estrato contiene muchas sustancias disueltas. Por consiguiente se puede comprender por que el agua de manantial tiene alto EC a pesar de su edad joven mientras que el agua de Chonchocoro tiene bajo EC por haber pasado a través del estrato morrénico. Se piensa que el agua de Vascal haya sido afectado por el estrato La Paz puesto que se halla en pozos viejos y profundos y además se piensa que haya sido afectado también por las minas de Milluni como los resultados del análisis de metales pesados.

Todos los hechos susodichos, además de las razones hidrogeológicas, indican que el desarrollo de las aguas subterráneas se deberá llevar a cabo en el estrato morrénico.

3) Medición del contenido de sal en terminos de la conductividad del estrato La Paz

Muestras del estrato La Paz han sido saturadas con agua destilada ten teniendo EC inferior a 20 $\mu\text{s}/\text{cm}$, y la conductividad ha sido media en el agua tras el drenaje por gravedad y tras el drenaje forzado.

- Drenaje por gravedad	1.8	600 $\mu\text{s}/\text{cm}$
------------------------	-----	-----------------------------

la cantidad desarrollable del programa.

Además, en el Distrito del Alto, encontramos en los resultados del Reporte Intermedio que el desarrollo de aguas subterráneas podrían resultar de las parte más bajas del nivel de aguas subterráneas.

Esto significa que sacar agua continuamente causaría una disminución del nivel de agua año tras año, entonces, el plan debe establecer que el agua subterránea es un recurso limitando. Por estas circunstancias en el Reporte Intermedio en la descripción, la cantidad anual desarrollable asegura estabilidad en el agua potable para su consumo de por lo menos hasta el año 2000.

4.1.2. Condiciones de investigación

1) Selección de posiciones de bombeo

- Deberá existir buena fuente acuifera.
- Facilidades de existencia y existencia de terreno con condiciones utilizables, deberá ser lo menos afectada adversamente.
- La contaminación del agua deberá ser pequeña.

2) Selección del modod de bombeo

- La cantidad de agua requerida en cada año planificado deberá ser asegurado.
- Los planes de facilidad deberán ser técnicamente razonables.

Las investigaciones de la cantidad desarrollable de aguas subterráneas encontradas en las condiciones mencionadas arriba, deberán darse.

4.2. Planes óptimos de bombeo

4.2.1. Condiciones naturales (recursos de agua)

1) Acuíferos

Del resultados de los exámenes topográficos y geológicos y los resultados de pruebas de tierra vegetal, prospección eléctrica, pruebas de bombeo, pruebas de agua y acuíferos desde donde se realizarán el desarrollo de aguas subterráneas son juzgados de la siguiente manera:

El desarrollo de aguas subterráneas, deberá realizarse desde la formación Morine como acuífero

En la edad geológica de esta área, los viejos lechos de rocas, consisten de estratos paleozoicos y con ellos existen estratos cenozoicos. Los estratos paleozoicos contienen rocas de greda Siluriana y barro Devoniano, además de rocas de cuarzo. Los estratos cenozoicos contienen la formación La Paz, consistiendo en greda con arena como los estratos terciarios, cubiertos con depósitos glaciares, consistiendo principalmente de arena y cascajo y estratos aluviales (Morrenas) es el estrato cuaternario. El estrato paleozoico son acuíferos y no son acuíferos.

Por otra parte los estratos cenozoicos son saturados con aguas subterráneas y de sus mismos elementos. El desarrollo de aguas subterráneas debe ser realizada. Sin embargo la formación La Paz, contiene muchos granos finos, uniformes y tiene una buena curva característica de agua, pero es inferior en permeabilidad. Asimismo, si el agua es bombeada desde esta formación, el nivel de agua decrecerá y la cantidad de bombeo será pequeña, entonces, no será práctico para el desarrollo de aguas subterráneas.

El estrato cuaternario, contiene granos ordinarios no uniformes y es superior en permeabilidad. La disminución de nivel de agua es pequeño. Podemos decir que este estrato es el único de donde el desarrollo de aguas subterráneas puede realizarse dentro del área estudiada.

El desarrollo de agua subterránea debe ser realizada dentro de la zona del triángulo formado por Kalle Chuani al Norte, Tacachira al Oeste, y Junthuma Pampa al Este

Dentro del área donde la formación Moraine, está distribuida, parte donde la cantidad práctica de bombeo es de 1,000 m³/día o puede esperarse más. Puede tomarse como un área donde es posible el desarrollo de aguas subterráneas. Esto significa que, suponiendo que la perforación del pozo de 300 m y el nivel del agua decrece 25 m, si 1,000 m³/día es asegurado, los acuíferos deben ser de por lo menos de 85 m. Asimismo, en un área donde la formación Moraine es de más de 100 m, la zona del triángulo arriba mencionado está considerado, como un área donde es posible el desarrollo de aguas subterráneas.

2) Calidad del agua

Por los resultados de las pruebas de agua, la posibilidad de desarrollo de aguas subterráneas es como sigue:

La parte Norte del Distrito del Alto, debe ser esperada

En general, el agua subterránea en el Distrito del Alto, contiene muchas sustancias disolventes y una alta conductividad eléctrica a gran profundidad, pero el agua subterránea cerca a la superficie de tierra tiene buena calidad porque su conductividad eléctrica es tan baja como el agua de nieve.

En la parte Norte del Distrito del Alto, la calidad de agua no es buena, pero el paso del tiempo es la razón por la cual se producen pozos grandes y profundos, o debido a las influencias del Río Milluni, no es claro. Se espera que los datos necesarios para juzgar este punto, pueda ser obtenido por los resultados de la prueba del tritium.

Sin embargo, cualquiera sea la razón, vestigios de sustancias

venerosas existen, a pesar de que la cantidad varía entre la estación lluviosa y la época seca.

Asimismo en esta parte, se juzga que no debe intentarse el desarrollo de aguas subterráneas.

El desarrollo de aguas subterráneas no deben realizarse cerca de Río Seco

Al presente el agua superficie que existe en Río Seco existe solamente en la época de lluvia y se infiltra en la estación seca. Se encontró en estos estudios que el agua infiltrada no se disuelve con el agua de lluvia y con el agua de nieve, pero no contiene muchos metales pesados, especialmente sustancias venenosas con excepción de contaminación orgánica. También se encontró que el agua subterránea de pozos profundos cerca a Río Seco, no es tan mala para beber y no existe malas condiciones en su calidad. Sin embargo, las aguas de desechos mineros, contienen mucho arsénico, cadmio, antimonio, hierro, manganeso, estaño, ect. en su calidad.

No puede negarse que algunas corrientes de agua, sin ser disueltas con agua de lluvia o aguas subterráneas, pueden contaminar las aguas subterráneas del lugar.

Significa que, podrían existir influencias de fluctuaciones hidrológicas de lluvias, aire, temperatura, ect., y flujos de cantidades de agua tomadas de la Represa de Milluni hacia la Planta de Purificación de agua en Achachicala.

Más que eso, en el caso de desarrollo de aguas subterráneas, solo podrá ser usada si el suministro de agua llega a ser bebible y pura, después de ser tratada por Clorinación.

Este mantenimiento y dirección se realiza actualmente, si el agua requiere otros tratamientos, como neutralización, sedimentación, etc., el

mantenimiento y dirección no podría darse.

Por las razones mencionadas arriba, el desarrollo de aguas subterráneas no deben realizarse en Río Seco y sus alrededores.

El desarrollo de aguas subterráneas, envuelven grandes pozos profundos que no deben ser usados

El flujo artesiano de agua en el area riscosa al Oeste del Alto, en el agua subterránea que transpira de la formación La Paz y su EC aumenta igual que la profundidad. En el area de Achocalla, al Sur del area riscosa, el EC es cerca de 1,500 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y los residuos de evaporación se estima es de más de 1,000 ppm.

De tal manera, que está agua no es apta para beber.

Asimismo, el desarrollo de agua subterránea que envuelve la hondónada formación La Paz, antes de la formación Moraine no debe ser realizada.

El desarrollo de aguas subterráneas no debe realizarse en las areas pobladas existentes

Al presente, los desperdicios de aguas en las areas pobladas del Distrito del Alto, excepto una pequeña porción es descargada a lo largo del declive de la superficie del area, sin ningún tipo de tratamiento, al final, acrecienta los Rios en las partes intermedias, pueden infiltrarse en la tierra. Entonces, puede ser contaminado por las aguas deshechadas y el desarrollo de aguas subterráneas no deben realizarse en las areas pobladas existentes.

El desarrollo de aguas subterráneas en cualquier area donde el agua subterránea comienza a retornar su flujo, no debe realizarse

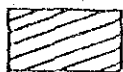
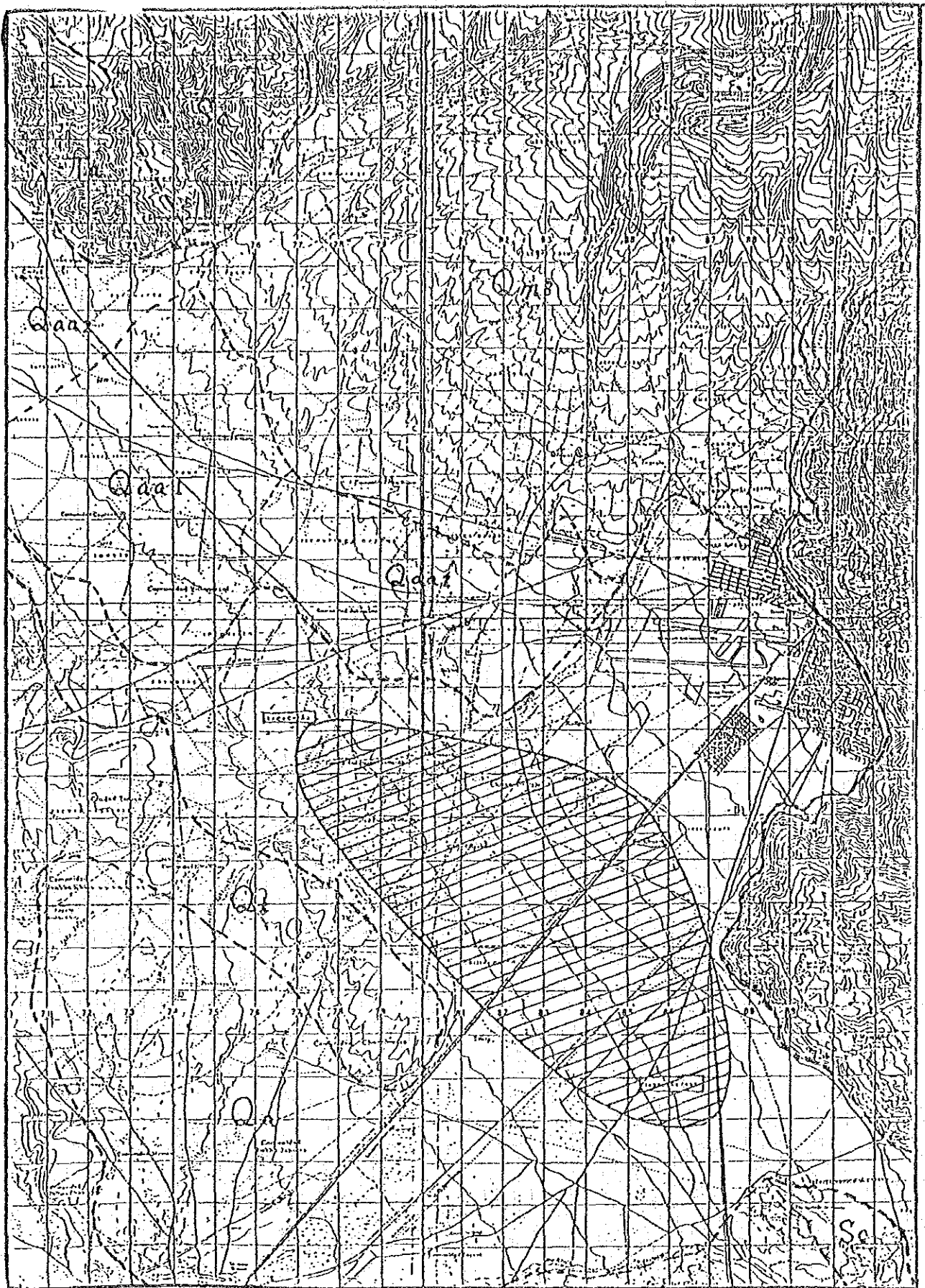
CORDPAZ y CHONCHOCORO, son ricas en aguas subterráneas, de tal manera, que el nivel freatico de aguas subterráneas está muy cerca de la

superficie de la tierra y en algunos lugares sobre el suelo.

Sin embargo estas areas son granjas y lugares de pasteo para el ganado, se considera que son areas con contaminación orgánica y la superficie del terreno puede tener un ingreso a la tierra. Además, como vemos en los resultados de pruebas de desechos y fotos, la formación Moraine tiene una curva inferior de características de agua, de tal manera, que se considera que el nivel del agua subterránea decrece algunos metros afectando el contenido del agua de la gran superficie de tierra.

Por las dos razones mencionadas arriba, el desarrollo de aguas subterráneas en estas areas no deben realizarse.

En cualquier lugar donde el nivel de agua subterránea es de 10 m o más y el agua subterránea no está contaminada por sustancias orgánicas de la superficie de la tierra, el desarrollo de aguas subterráneas es favorable.



Potential area for groundwater development
on the geological circumstance

fig. 1.2.1-1 GEOLOGICAL MAP

4.2.2. Condiciones sociales (Cantidad planificada de suministro)

1) Area planificada

a. Predicciones acerca de la población

La ciudad de La Paz, como una integridad, incluyendo el Distrito del Alto, tiene una población de 900,000 en 1986, con 76% (680,000 habitantes) en la parte Central de La Paz y 24% (220,000 habitantes) en el Distrito del Alto.

Para el futuro, se prevee nuevos desarrollos de las areas existentes debido al incremento de la población en la parte Central de La Paz, al presente no puede predecirse mientras no haya sido desarrollada totalmente. De acuerdo al plan de SAMAPA, la población de total de La Paz para el año 2,010 será de 1,950,000 habitantes con 1,160,000 en la parte Central de la ciudad y 790,000 habitantes en el Distrito del Alto. Esto quiere decir que en la parte Central de la ciudad de La Paz, la población será de 2.6 veces más que en 1986, mientras que en el Distrito del Alto será de 3.5 veces más, indicando que el Distrito del Alto debe acomodar a una gran parte de la población incrementada.

b. Cantidad de suministro de agua

La cantidad de agua suministro en 1986 en el Distrito del Alto, fué de 12,000,000 m³/año o 33,536 m³/día, es decir, cerca de 140 lit/día por persona, suponiendo una población de 240,000 habitantes incluyendo las demandas industriales y públicas y la distribución neta y de plantas.

SAMAPA, establece 160 lit/día, considerando no solamente el incremento de la cantidad de suministro de agua potable de acuerdo al incremento de la población, sino también, el incremento con el mejoramiento de nivel de vida y con el consumo de agua fuera de uso domestico.

De tal manera, en el año 2000, el suministro de agua requerido en el Distrito del Alto llegará a ser para: $495,000 \text{ personas} \times 0.16 = 79,200 \text{ m}^3/\text{día}$.

Sin embargo, la Planta de Purificación del Alto, tiene una capacidad de tratamiento de $53,000 \text{ m}^3$, y suponiendo que la cantidad a ser suministrada en el Distrito del Alto se mantenga sin cambio, es de $33,500 \text{ m}^3/\text{día}$. Es el deseo de SAMAPA que la diferencia de $45,700 \text{ m}^3$ puedan ser suministrados por el desarrollo de aguas subterráneas, previniendo el incremento de la demanda en el futuro, SAMAPA, tiene una idea similar.




c. Area de suministro de agua

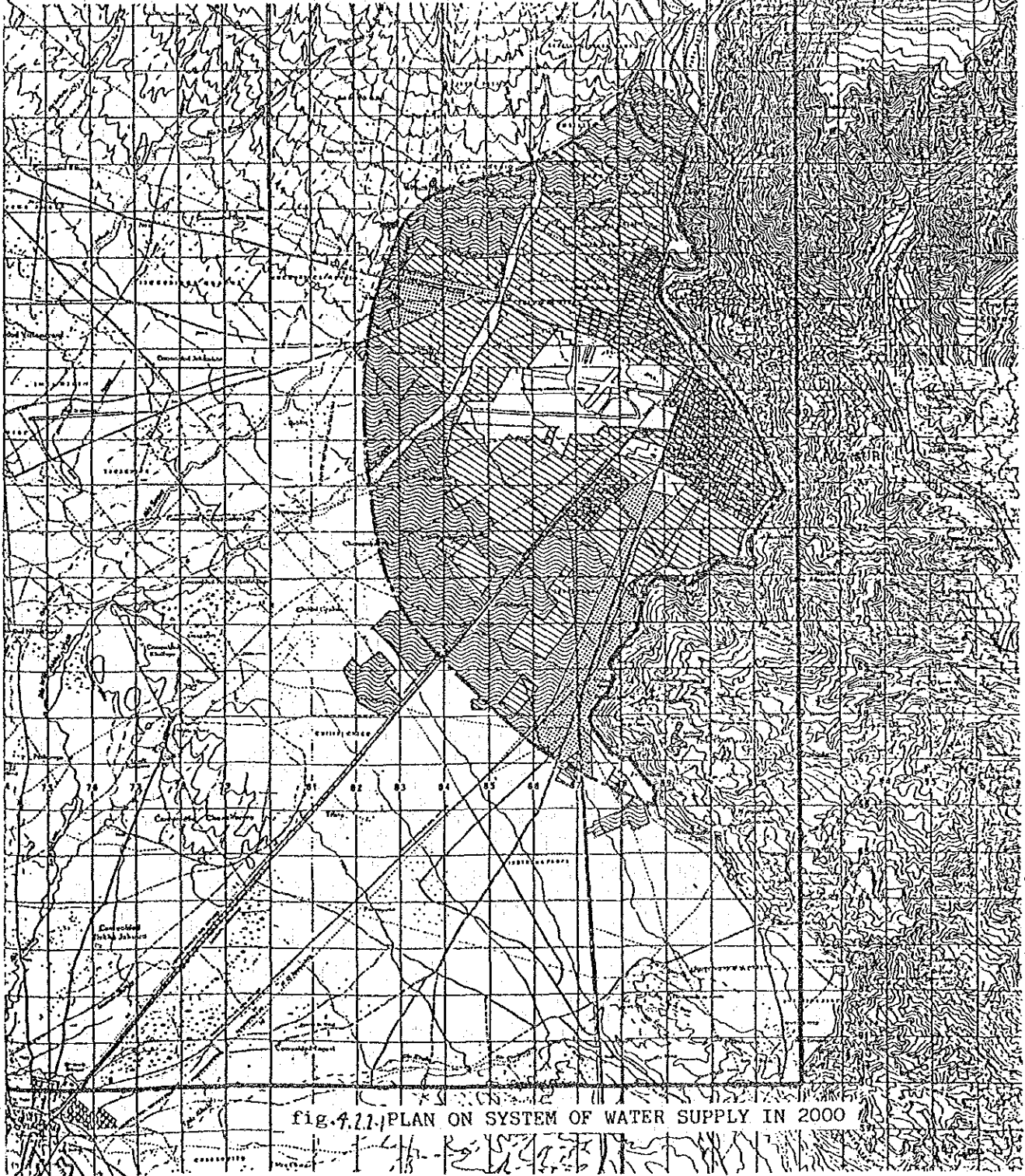
Mientras la predicción de población, fué basada en datos pasados de incremento, el area objeto debería ser determinada considerando el desarrollo y progreso en el futuro.

La planificación urbana del Distrito del Alto, con una visión hacia el futuro, aún no ha sido establecido, sin embargo, existen muchos complejos de construcción de casas nuevas, para los trabajadores mineros desempleados, corporaciones públicas de construcción de viviendas de bajo costo, etc., han sido edificadas. Analizando estos planes y más tarde considerando las condiciones de las carreteras, las condiciones de suministro de energía eléctrica, etc. El area urbana planificada y la cantidad utilizada de agua potable en estas areas, se establece como mostramos en las Fig.4.2.2-1 bajo la cooperación de SAMAPA. El area objeto es la suma del area Este de la periférica y la presente construcción de complejos de viviendas, excluyendo el Aeropuerto y los Ríos del area de suministro de agua.

La cantidad de suministro de agua y la utilización en estas areas es de la siguiente manera:

Pronóstico Año 2000

-  Area suministrada con conexiones domiciliarias
(Sup=3694.82ha, Población=386,653hab)
-  Area suministrada con piletas públicas
(Sup=2708.46ha, Población=93,236hab)
-  Area industrial con suministro
(Sup= 519.49ha)



- Suministro de agua en viviendas individuales

Al presente, el suministro de agua en áreas de viviendas individuales y de piletas públicas de suministro de agua, se definirá como suministro de agua en viviendas individuales.

- Suministro de agua en piletas públicas o comunes

Las áreas sin una planificación urbana, actualmente al lado Este de la periférica y del área urbana planificada al Oeste de la periférica, se definirá como suministro de agua con piletas comunes.

- Área Industrial

Al presente muchas de las compañías, usan sus propios pozos, pero en el futuro serán suministradas por SAMAPA.

- Área sin suministros de agua

Los orillas del Río en la periférica, el Aeropuerto Internacional, se definirán como áreas sin suministro de agua.

Sin embargo, para el Aeropuerto, se planifica un suministro de agua de 250 m³/día.

- 2) En conformidad con el suministro de agua existente

El sistema de suministro de agua existente incluye el agua potable, uso de las aguas superficiales, como los recursos de agua dirigidos por SAMAPA y el sector privado del sistema de suministro de agua dirigido por fábricas, corporaciones públicas etc.

En Bolivia no existen regulaciones legales establecidas para el uso de aguas subterráneas. De tal manera, que cualquier persona individual o corporación que desee utilizar las aguas subterráneas puede hacerlo libremente sin regularización de ningún tipo, sin embargo, como resultado de este uso irregular de aguas subterráneas sucede que el bombeo que

realizan es en exceso, más allá del límite de seguridad, el nivel de agua subterránea decrece debido a los pequeños intervalos de pozos y el bombeo llega a ser imposible, etc., se juzga que ahora es tiempo de utilizar estas ya que ninguna regulación lo establece. Para el futuro el desarrollo de aguas subterráneas debería ser planificada considerando las circunstancias arriba mencionadas y el balance con sistemas existentes de desarrollo de aguas subterráneas.

Por otra parte, el sistema usado de las aguas de superficie, como recursos de agua y propios de SAMAPA, no puede esperar un incremento en cantidad suficiente de agua, que cubra el incremento de consumo del Distrito del Alto en el futuro. Porque usando el agua de la superficie, se utilizan aguas jóvenes que vienen como resultado de las fluctuaciones de la estación anual de lluvias, etc. Asimismo, el sistema de utilización de aguas subterráneas, capaz de asegurar un constante suministro de agua durante todo el año, es solamente posible almacenando aguas jóvenes de emergencia. De modo que se debe planificar una nueva gran escala de desarrollo de aguas subterráneas, será necesario proveer de una relación complementaria a los sistemas de suministro de aguas existentes.

Respecto a la calidad de agua, el agua tratada del sistema Milluni, no es tan mala para beber, pero no se puede decir que la calidad sea óptima. Este sistema es el recurso de agua más grande para la cantidad necesaria en la ciudad de La Paz.

Entonces las medidas para mejorar la calidad del agua deben ser consideradas, como la reducción del consumo de Milluni, disolviendo por mezcla, utilizando el sistema de Tuni y el sistema de agua subterránea cuyo desarrollo es deseado para el futuro.

3) Disposición de los grupos de pozos

Se decidió que los grupos de pozos se dispondría en una línea en dirección al flujo hacia abajo del agua subterránea, dentro del área que fué señalada para el desarrollo de agua subterránea, donde es posible. Es calara la predicción de flujos de agua subterránea, la influencia de la superficie de la tierra, considerando ser de 1.5 km. Así, considerando que las orillas derecha e izquierda de Río Seco son seguros, los grupos de pozos estarán dispuestos al punto de más de 2 kms fuera del lugar, como muestran las Fig.4.2.2-2.

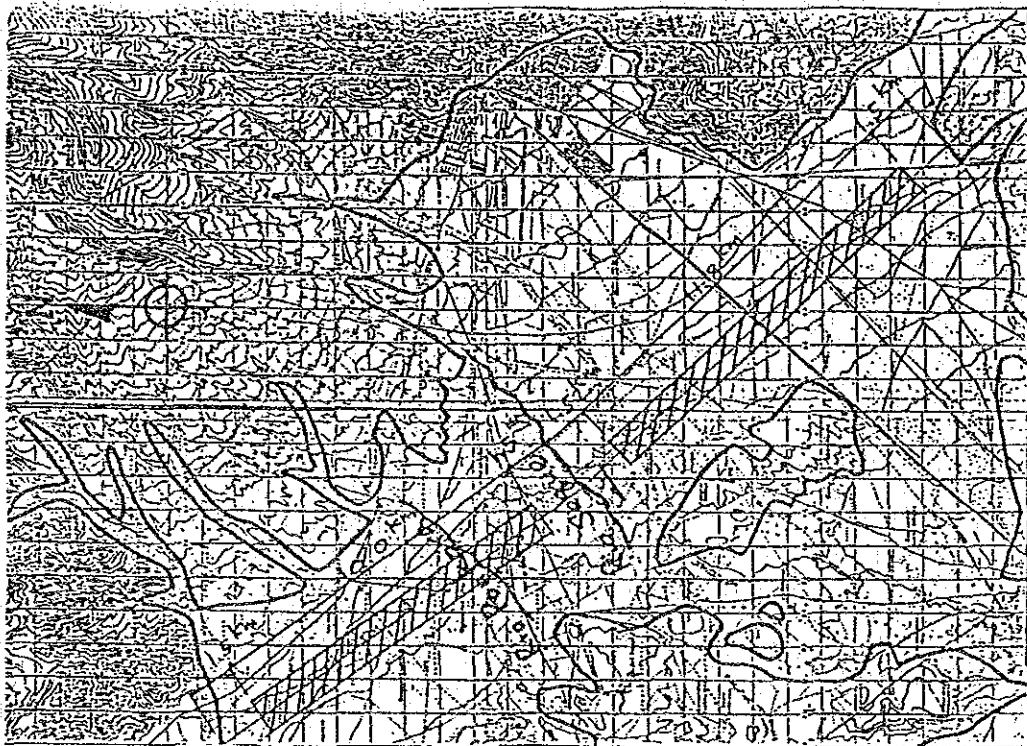


Fig. 4.2.2-2

4) Cantidad de bombeo asignada

Para catalogar los grupos de pozos, el nivel promedio de tierra es de 3,918 m.

La diferencia es máximo de 13 m y el mínimo es de 0 m. Entonces, con el objeto de aseoar la cantidad de bombeo asignada, el nivel de agua subterránea, asume a los 5 m bajo el nivel de tierra, según los cálculos.

El promedio del grosor de la formación Moraine es cerca de 80 m, así que, sumando la capa de desperdicios y arena detenida, forman un grueso de 10 m, la profundidad del pozo será de 90 m. El agua subterránea tomará 26,700 m³/día, es el cálculo para 1995 de los grupos de pozos de la zona 1. El nivel de aguas subterráneas será como mostramos en los analisis de simulación.

Los resultados son como mostramos en la Tabla 4.2.2-1, hasta el año 2005, el agua tomada será de 26,700 m³/día, asegurará un total de 27 pozos de 1,000 m³/día cada uno.

Sin embargo, desde ese año, la decreción del nivel de gauda será grande. Por esa razón y también por razones técnicas de condiciones de bombeo, la cantidad de bombeo decrecerá año tras año y será necesario realizar un nuevo proyecto para cubrir esa situación.

Tabla 4.2.2-1 CUADRC

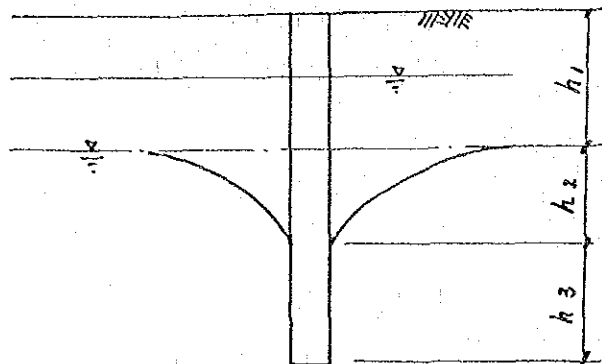
Numero	Año	Corriente de agua		h ₁ (m)	h ₂ (m)	h ₃ (m)	Toma de agua planificada Q (m ³ /día)
		decrecimiento del nivel (a)					
		NOTA 1	NOTA 2				
0	1989	0	0	5.0	10.0	75.0	1,000
6	1995	14.9	11.2	16.2	10.6	63.2	1,000
11	2000	27.3	23.6	28.6	13.2	48.2	1,000
16	2005	39.7	36.0	41.0	18.2	30.8	1,000
20	2009	50.6	46.9	51.9	16.1	22.0	670

NOTA 3

NOTA 1: Cálculos computados.

NOTA 2: Corrección. . . El nivel de corriente de agua, decrece cuando la de bombeo incrementa anualmente se toma en consideración, suponiendo que la cantidad de agua extraída por bombeo, es después de 6 años de su construcción.

NOTA 3: Valores técnicos mínimos cuando el colador (20 m) se tome en consideración.



4.2.3 Predicción de flujo de aguas subterráneas

1) Condiciones de cálculo

a) Parámetros

Coefficiente de permeabilidad

2.00×10^{-3} cm/seg

Porosidad efectiva

30 %

Caida de lluvia

500 mm/año

Evaporación

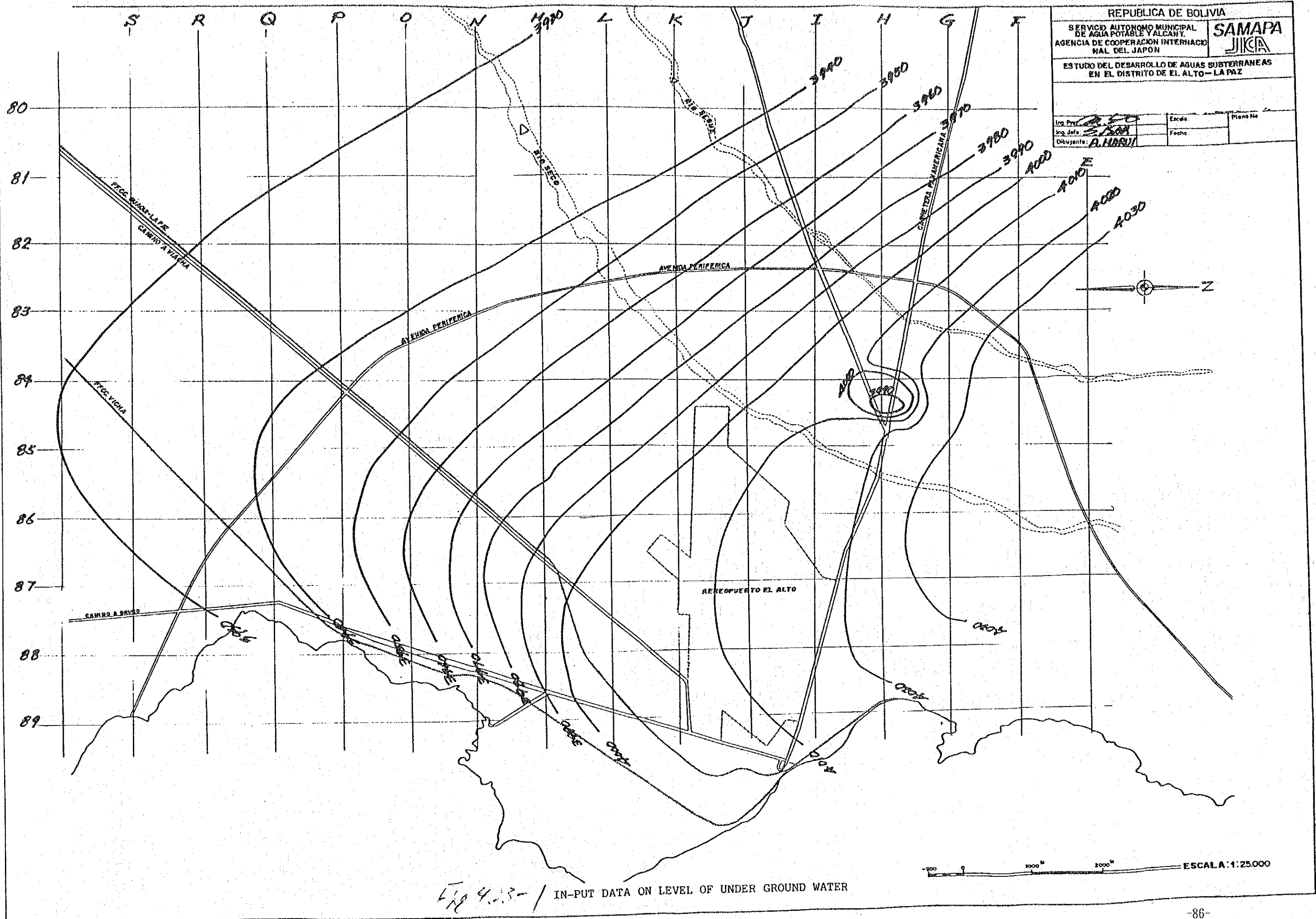
500 mm/año

b) Datos obtenidos

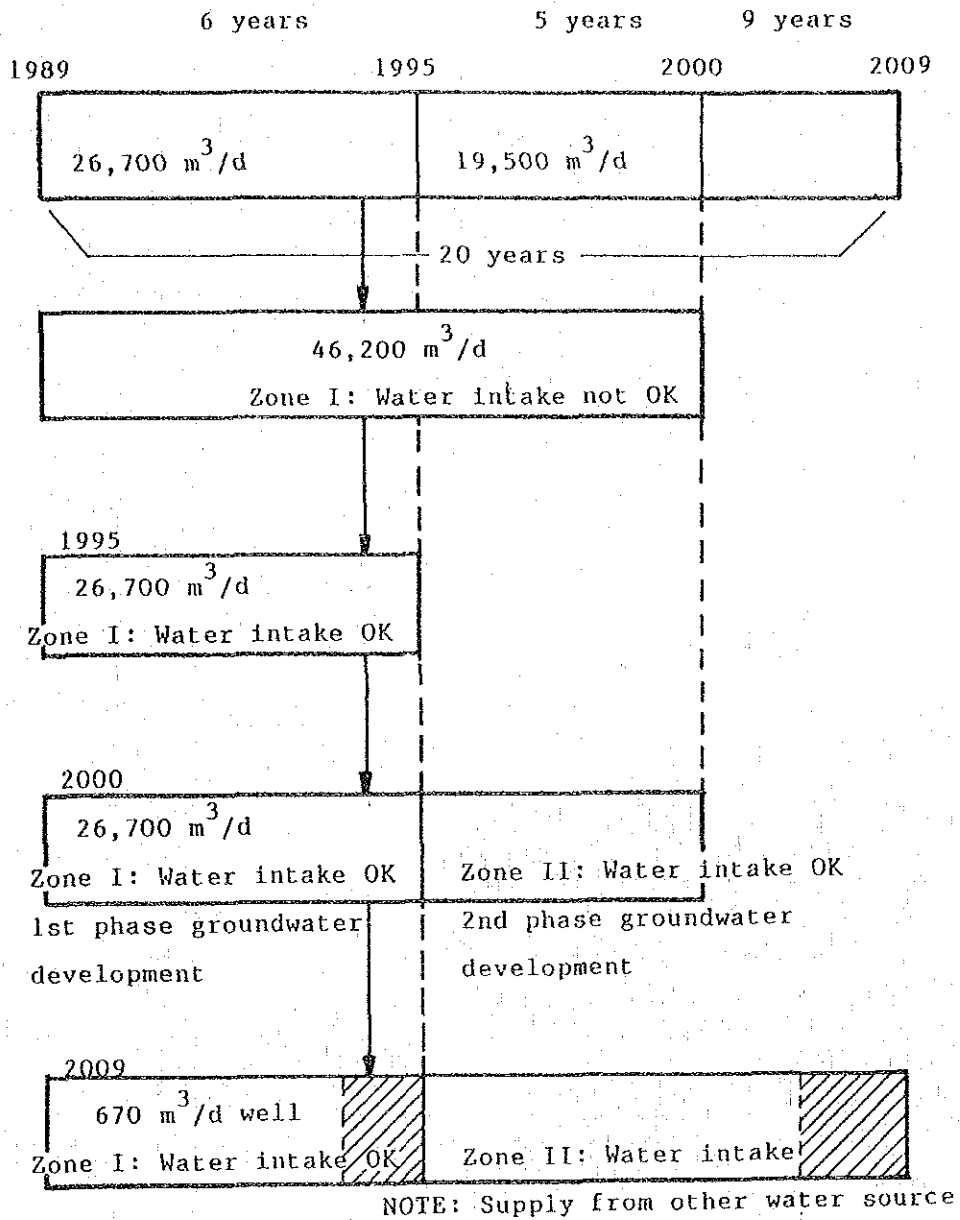
- Coordenadas
- Bandera
- Nivel de terreno
- Grosor del acuífero
- Nivel de aguas subterráneas
- Cantidad de agua encontrada

c) Datos archivados

- Pruebas de cambio de nivel de aguas subterráneas desde 1973 hasta el presente.
- El nivel de aguas decrece cada año.



2) Progresses of Calculation



3) Results of Calculation

The results of calculation are as shown below. (Refer to Fig.4.2.3-2 through Fig.4.2.3.-7.)

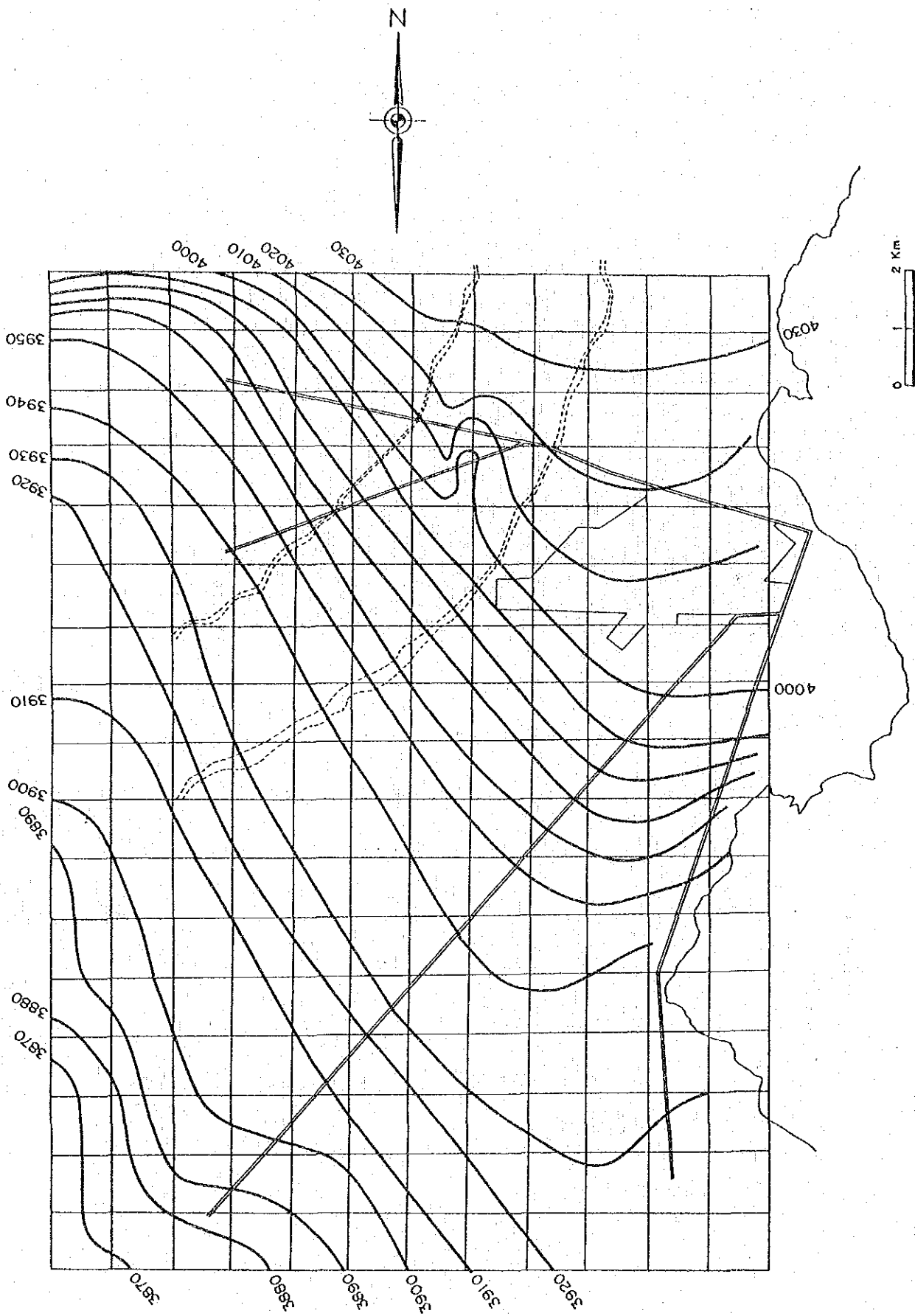


Fig. 4.2.3-1 Estimated water tabla (1973)

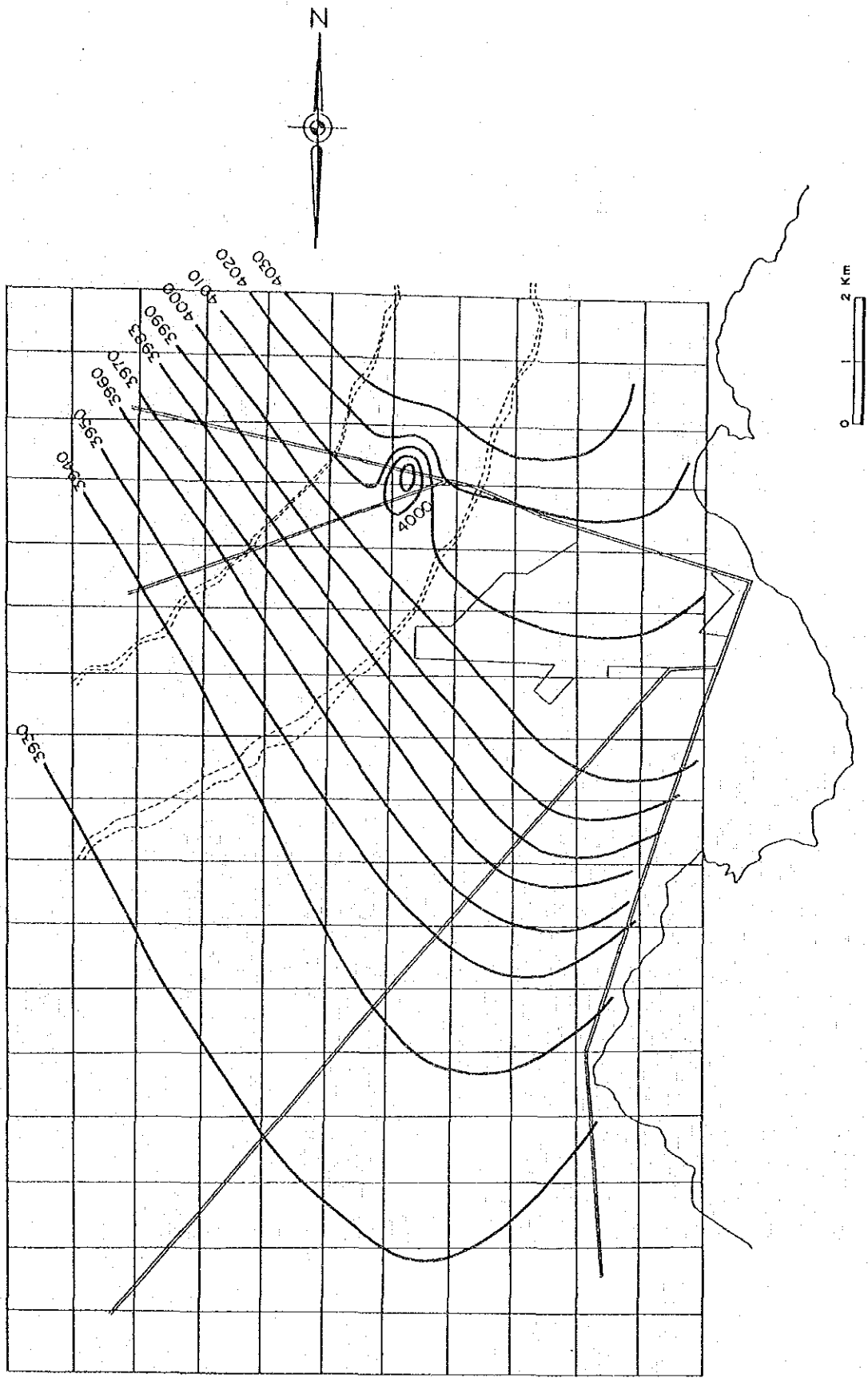


Fig. 4.2.3-2 Water table in Feb. 1987

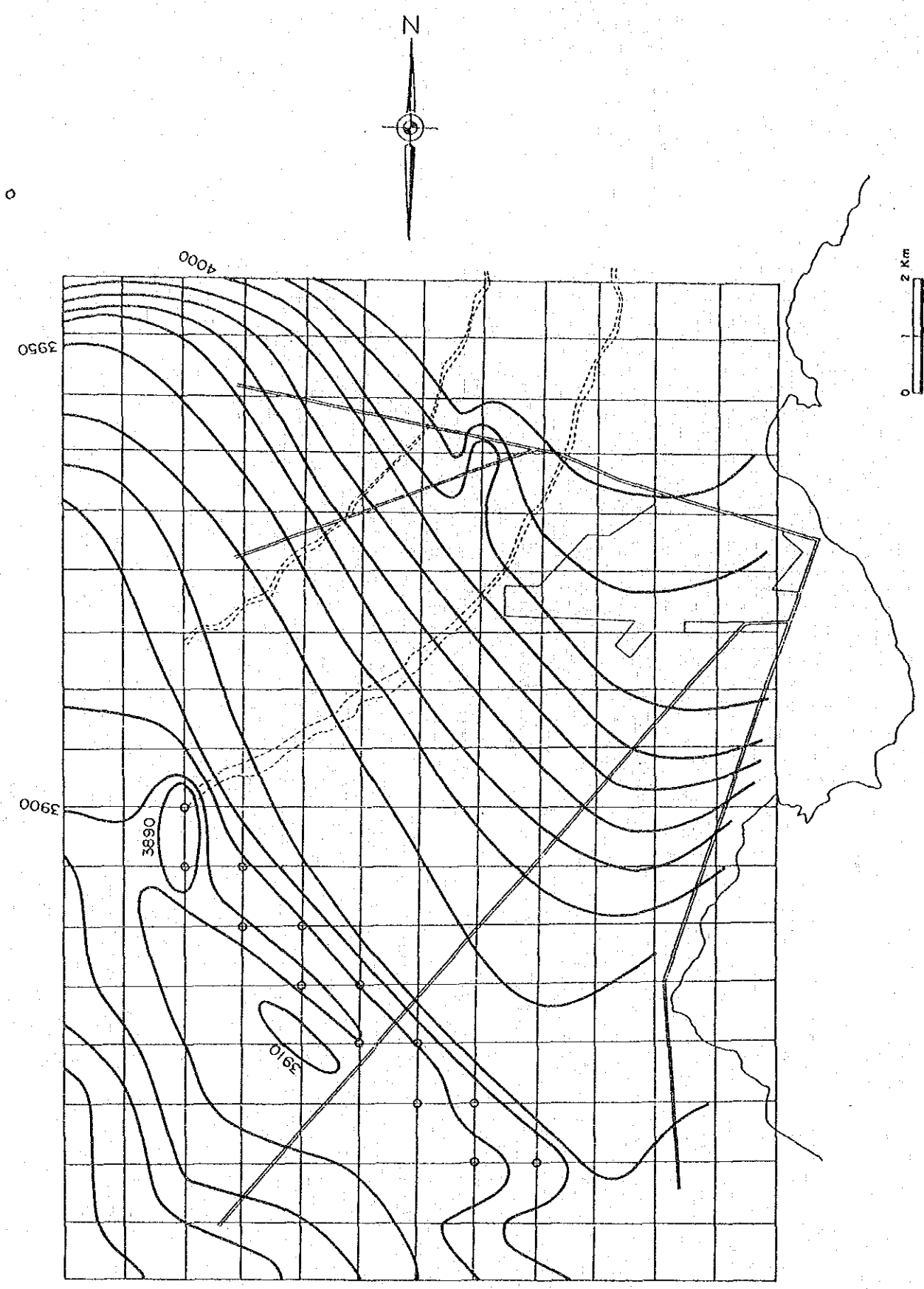


Fig. 4.2.3-3 Estimated water table (1995)

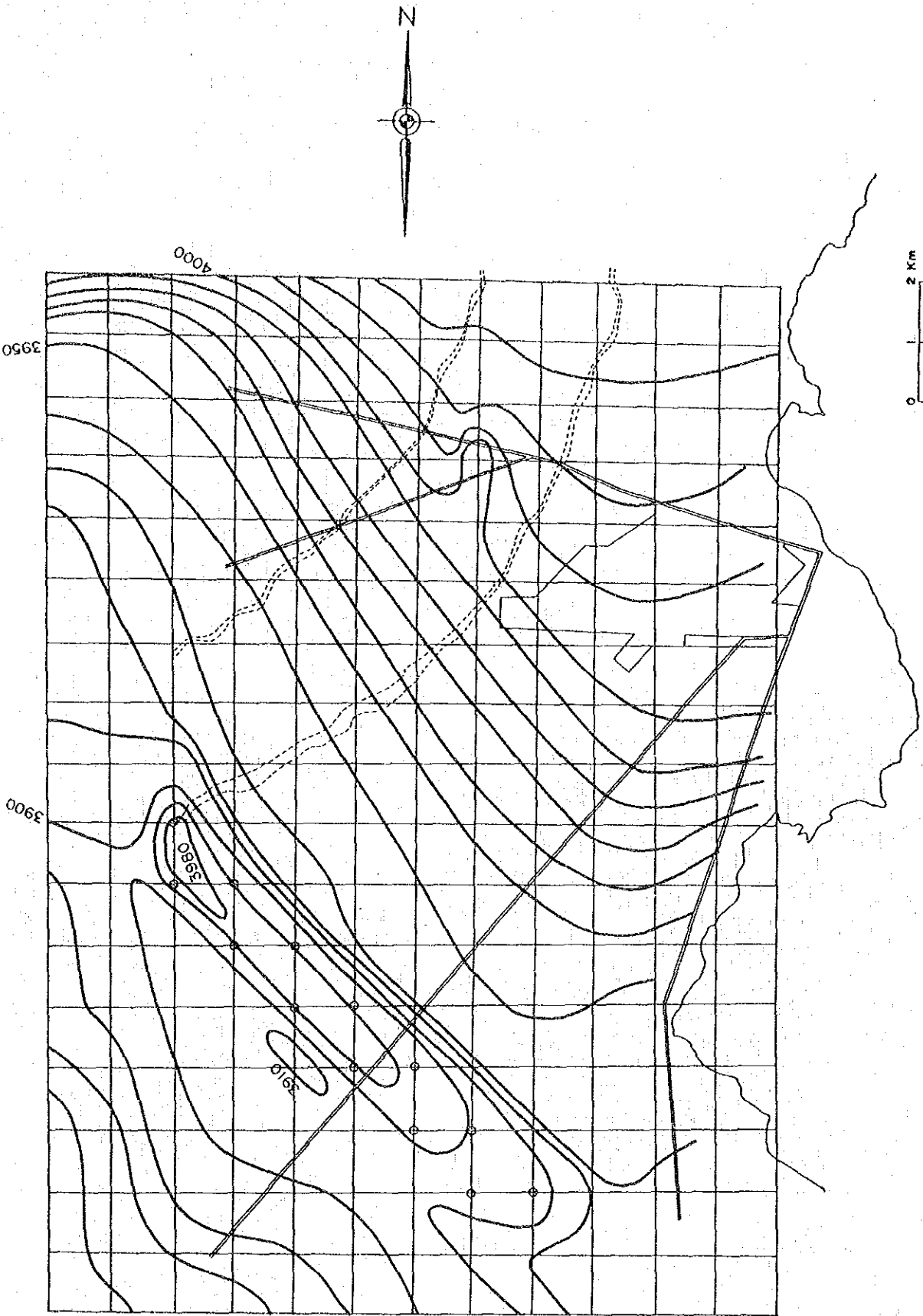


Fig. 4.2.3-4 Estimated water tabla (2000)

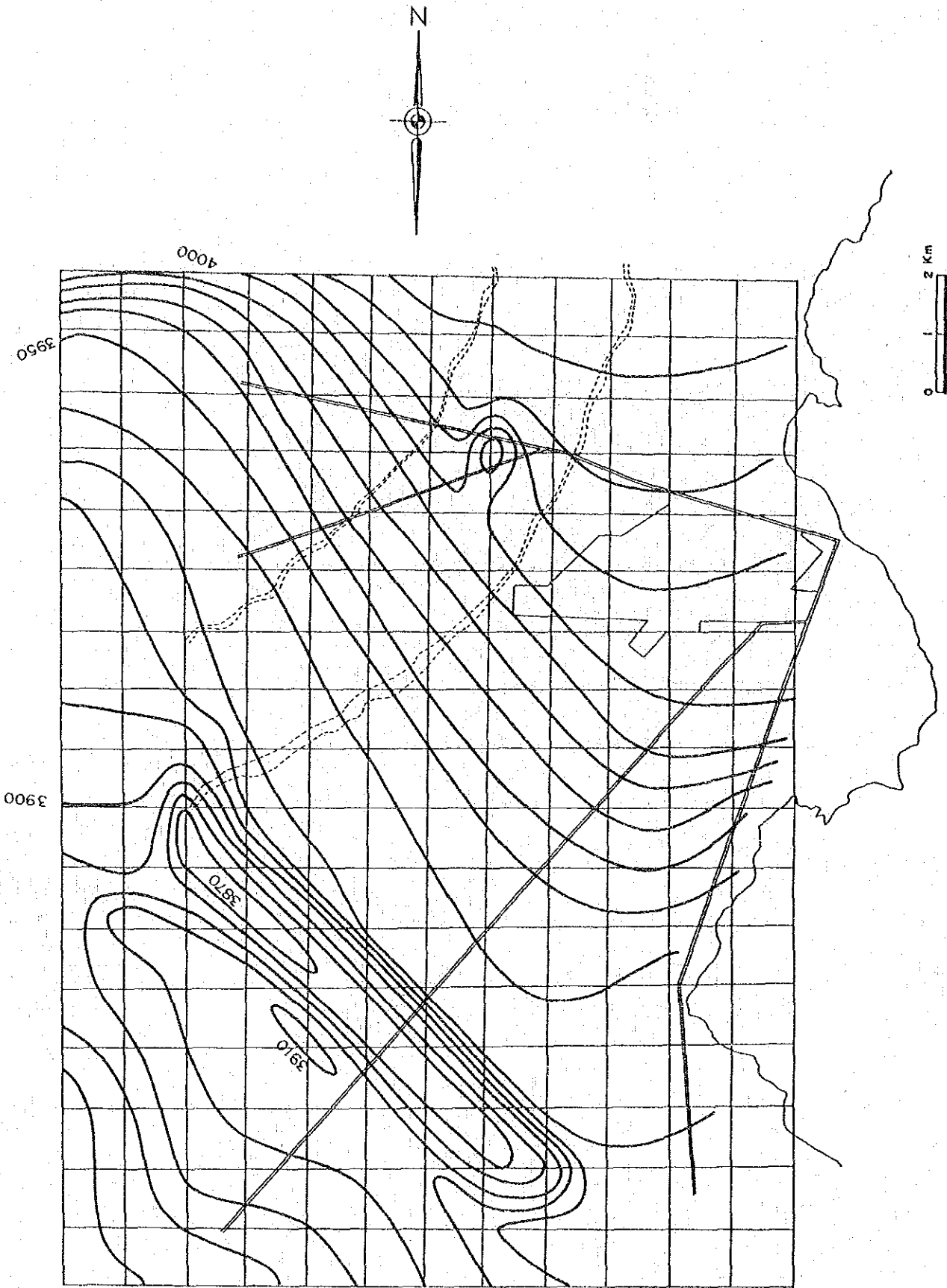


Fig. 4.2.3-5 Estimated water table (2005)

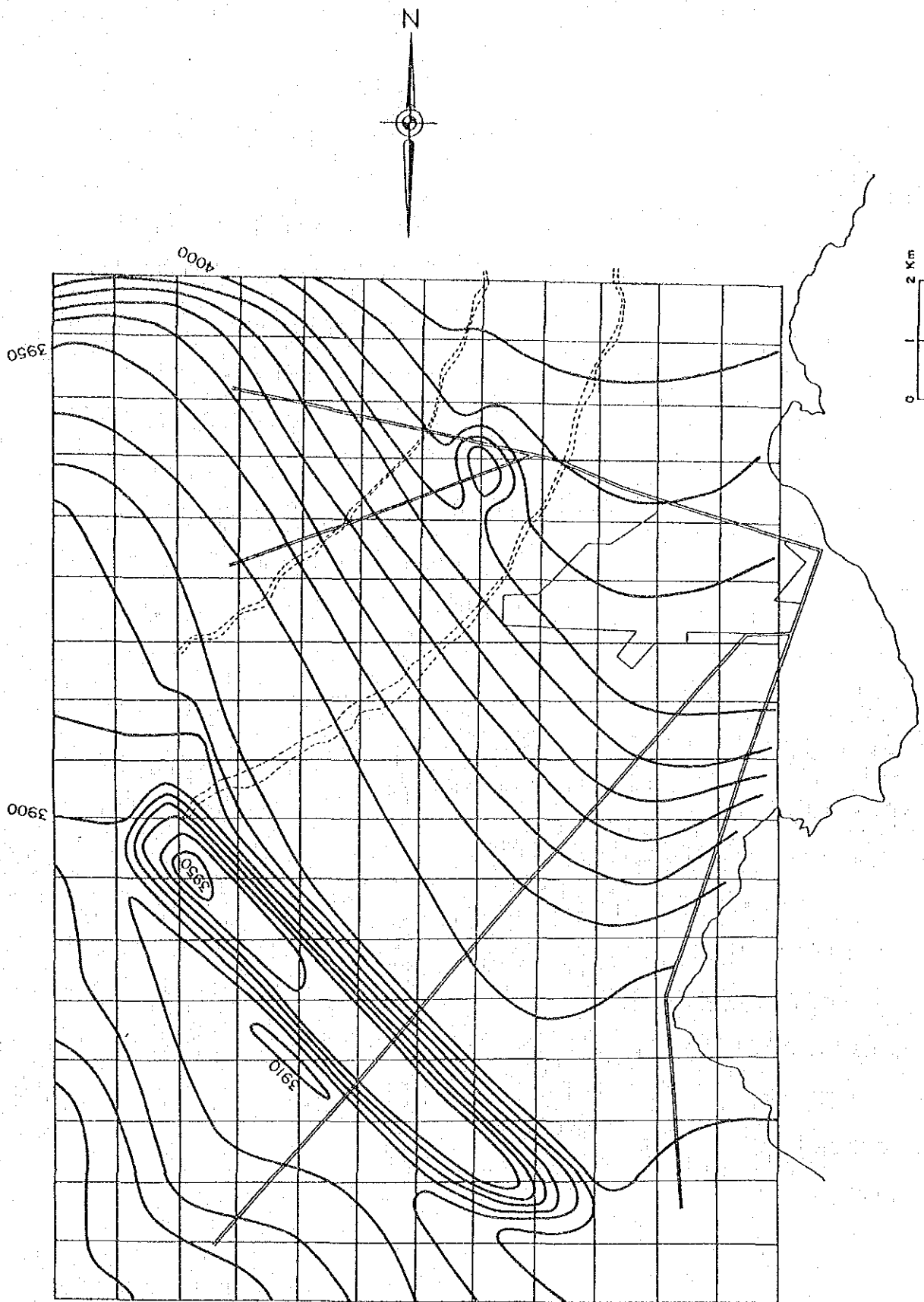


Fig. 4.2.3-6 Estimated water table (2010)

5. Planificación del proyecto

5.1. Facilidad del plan

5.1.1. Planificación de suministro de agua para la población

La población del Alto como en el año 1959, el año intermedio de los fines de este proyecto, se supone de 385,000 y para el año 2000, el último año de 495,000, considerando el incremento natural de la población, inmigraciones domesticas medidas por trabajadores, etc., en el Distrito del Alto.

5.1.2. Planificación de cantidad de suministro de agua

De acuerdo a los datos actuales de la cantidad de agua suministrada en el Distrito del Alto durante 1986 para una población de 240,000; fué de 33,000 m³/día o 140 lit/día/persona. Sin embargo, considerando de incremento del consumo como resultado del cambio de sistema de piletas públicas a sistemas de suministro individual o a las viviendas, el incremento de consumo debe mejorar de las condiciones de vida, etc.

La cantidad diaria de suministro de agua máximo es aproximada a 155 lit/día/persona, para 1995, y 160 lit/día/persona para el año 2000. Asimismo, la cantidad de suministro de agua máximo después del desarrollo de aguas subterráneas en el area del Alto es de la siguiente manera, suponiendo que la cantidad de suministro de agua es de 33,000 m³/día la Reserva de Tuni, está nó cambiará.

$$1995: 385,000 \times 0.155 - 33,000 = 26,700 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$2000: 495,000 \times 0.155 - 33,000 = 46,200 \text{ m}^3/\text{día}$$

Llevando a cabo está plan, se supone que la cantidad máxima de suministro de agua por hora es de 1.5 veces más que la cantidad de suministro de agua diaria máxima.

5.1.3. Borrador del plan de facilidades

El area del Distrito del Alto, donde se desarrollará las aguas subterráneas, es de 22 km en total, cerca de 12 km, al lado Sud-Este de Río Seco y 10 km al lado Nor-Oeste de las condiciones hidrogeológicas. (Referencia Fig. 4.2.2-2)

Considerando el balance de agua y la factibilidad técnica del desarrollo de aguas subterráneas, la cantidad de agua posible de cerca de 12 km al lado Sud-Este es de cerca a 30,000 m³. Si se supone que un acuífero similar existe en el lado Nor-Oeste, con cerca de 25,000 m³/día aproximadamente.

Entonces el máximo valor de la cantidad de agua a tomarse del plan de desarrollo de aguas subterráneas para el Distrito del Alto se estima de 55,000 m³/día.

Por otra parte la demanda de agua es de 26,700 m³/día en 1995 y 46,200 m³/día en el año 2000. Así, planificando las facilidades en el año 2000 como una finalidad, el objeto del desarrollo debe abarcar un total de 22 km incluyendo la asignada para asegurar el suministro de agua estable.

Al lado Nor-Oeste de Río Seco, hay una posibilidad respecto a la calidad de agua de la superficie de Río Seco y Río Poncola afectados por los desechos mineros del agua de Milluni se infiltran de las aguas subterráneas.

Sin embargo, desde el desarrollo de aguas subterráneas, solamente del lado Sud-Oeste de Río Seco no puede satisfacer la demanda de agua en el año 2000, por lo cual es necesario desarrollar el agua subterránea también al lado Nor-Oeste del Río Seco.

Si son considerados los años posteriores al 2000, asegurar el suministro de agua significa, que no cuenta con el desarrollo de aguas

subterráneas, tanto como construcciones de nuevas Represas y la conducción del agua del Lago Titicaca, deberá considerarse. Asimismo, es necesario, rápidamente establecer planes futuros, planos de diseño de construcción, pero en el presente no hay ideas concretas.

Entonces, en la presente etapa, consideramos que para empezar el plan para el año 2000, como una finalidad puede establecerse y entonces el plan de facilidad para satisfacer la demanda de agua en 1955 debe ser diseño. Desde diferentes puntos, será razonable que el plan de facilidades debería ser de doble utilidad, tanto que cuando llegue 1995 cualquiera de los nuevos recursos puedan considerarse o por lo menos la construcción hasta el año 2000 debiera empezarse. También, se decidió establecer un plan para llevar a cabo el trabajo en 2 fases separada, la 1ra. fase consiste en el trabajo de posteriores años a partir de 1995 y la 2da. fase, trabajos para los años posteriores al año 2000.

5.1.4. Facilidades planificadas

Las facilidades para la planificación de estudios son para asegurar las aguas subterráneas, esto es, las facilidades para utilizar las aguas por medio de bombeo, que deben ser ya incluidas, las principales facilidades mostramos en la Tabla 5.1.4-1.

Table 5.1.4-1 List of Facilities

	Item	Q'ty		
		1995	2000	Total
Water intake well	Submersible pump	6	-	6
	42 m ³ /h x 155m x 3000 x 37 kW with accessories (pumping pipe)	sets		sets
	42 m ³ /h x 120m x 3000 x 30 kW	6	2	8
		sets		sets
	42 m ³ /h x 95m x 3000 x 22 kW	12	12	24
		sets	sets	sets
	42 m ³ /h x 72m x 3000 x 15 kW	6	6	12
	sets	sets	sets	
	Consumables for digging (including casing, strainer, etc.)	1	1	2
	Well work	set	set	sets
		1	1	
		set	set	
Water conveyance facility	Water conveyance pipe ϕ 150 to ϕ 600	35	23	
		km	km	
	Reducers	1	1	
		set	set	
	Water conveyance pipe installation work	1	1	
	set	set		
	Ancillary work (air valve, sludge discharge valve, sluice valve)	1	1	
		set	set	
Pump well	Joint valve	77	-	
		m		
	Pump well	185	-	
		m		
	Pump well construction work	1	-	
		set		
Pump station	Pump (including ancillary facilities)	1	1	
		set	set	
	Chlorination facility	1	1	
		set	set	
	Water test facility	1	-	
		set		
	Office furnitures	1	-	
	set			
	Pump station construction work	1	-	
		set		
	Electrical work	1	1	
		set	set	
Power receiving facility work	Extra-high tension power station	1	1	
		set	set	
	Wiring work	1	1	
		set	set	
Construction machines & materials	Well digging machines (including accessories)	2	-	
		sets		
	Maintenance & management machines (including accessories)	2	-	
		sets		
	Construction machines & materials	1	-	
		set		
Fuel	Fuel for construction work	1	1	
		set	set	

5.2. Costos del proyecto

El costo de facilidades de provisión de agua de este proyecto está calculada aproximadamente en ¥1,800,000,000 para la primera fase y ¥1,000,000,000 para la segunda fase, en total alcanza a ¥2,900,000,000.

El costo total del proyecto está arreglado para adicionar las facilidades del costo de distribución del agua al costo de facilidad de toma de agua.

5.3. Evaluación del proyecto

5.3.1. Evaluación social del proyecto

La capital administrativa de Bolivia, es la ciudad de La Paz, que es la ciudad más grande en este país, tiene una población de 1,000,000 de habitantes.

En los últimos años la población ha sido incrementada en forma monótona y las funciones de la ciudad, especialmente el sistema de suministro de agua ha llegado a ser incapaz de cubrir los requerimientos del rápido incremento de la población.

Las condiciones de suministro de agua en la ciudad de La Paz, está peor día a día, y en la estación seca, la interrupción de suministro ocurre cada día.

Las áreas viejas de la ciudad de La Paz, se han originado en el valle del Río Choqueyapu y su población ya está casi saturada. No existen viviendas para alojar a nuevos habitantes en el futuro y en el Distrito del Alto donde este proyecto está planificado, es el área nueva a desarrollarse.

Aunque, en el Distrito del Alto la población está creciendo rápidamente, es el distrito destinado a aceptar inmigrantes domésticos de trabajadores mineros, que dejaron las minas debido a la industria inactiva, el suministro estable de agua potable en el Distrito del Alto, es lo más

importante y urgente en este lugar.

El presente estado de trabajos relativos al agua en el Distrito del Alto es como sigue: Agua del lago TUNI a 4,500m de altura es llevado a travez de tubos conductires de agua \varnothing 800 mm 35 km hasta la Planta de Purificación del Alto y el agua tratada de la planta es suministrada. Sin embargo, con el incremento de la población en estos últimos años, la demanda de agua ha sobrepasado la cantidad de suministro. Se espera que la población en está area, aumentará rápidamente, se dice que la población incrementará de los 240,000 hab. al presente a más de 500,000 en el año 2000.

Por otra parte, las aguas superficiales en la vecindad como recursos de agua, en su mayoría se han terminado, substancialmente no hay construcciones de viviendas para un nuevo desarrollo y cualquier desarrollo es difícil con relación al capital o al tiempo. como una drástica solución, no puede ser, pero sí en el caso de tomar en cuenta el agua subterránea como recurso de aguas.

Con relación a los puntos de vista mencionados arriba se puede decir que: "El trabajo de desarrollo de aguas subterráneas" es el único medio de proveer suministro de agua potable en forma continua al mencionado distrito, el rol de este proyecto para realizarlo es muy grande. El implementando este proyecto tan pronto como sea posible, contribuirá más a la estabilización de la vida de las personas, lo que es uno de los mayores deseos del gobierno de Bolivia.

Además, en Bolivia será indispensable promover el desarrollo de aguas subterráneas en el futuro y aprender la tecnología de estos desarrollos de aguas subterráneas a travez de la implementación de este proyecto que será muy significativo para el mismo país, ejecutando

similares proyectos en otras áreas fuera del Distrito del Alto.

5.3.2. Evaluación técnica y Económica del proyecto

1) Como los recursos de agua subterránea tienen una satisfactoria calidad de agua, si en el año 1995 se toma como un parámetro, el grupo de pozos al lado Sur-este de Río Seco, incluyendo de suministro de agua donde existen facilidades, puede suministrar a las predecidas viviendas para una población de 385,000.

Si el año 2000, se estima como un parámetro, el grupo de pozos al Nor-Oeste de Río Seco, tendríamos que sumar el grupo de pozos arriba mencionado, puede suministrar una cantidad suficiente, pero queda una posibilidad que la calidad del agua sea afectada adversamente por las aguas de las minas de Milluni. Las medias técnicas a tomarse en este caso no pueden ser discutidas en esta etapa, cuando es imposible asumir la calidad de agua y la cantidad de agua de desechos mineros en el futuro.

2) Como un medio de suministro de agua potable a las viviendas en el Distrito de Alto, puede considerarse la construcción de represas usando las aguas superficiales como un recurso de agua. Sin embargo, no hay lugares apropiados y la posibilidad de este desarrollo es pequeño. Existe un plan de conducir agua del lago Titicaca a través de bombeo bajo la presión de la necesidad de la población del Distrito del Alto para el futuro. Sin embargo, bajo las condiciones sociales de Bolivia en el presente, una gran inversión es imposible y la colección de cargas de agua suficiente para su mantenimientos y dirección de la conducción de sistemas de agua es imposible. El desarrollo de aguas subterráneas es el único proyecto de desarrollo factible.

3) SAMAPA, la cual es encargada del mantenimiento, dirección y operación de facilidades de provisión de agua, comenzó a negociar el

desarrollo de aguas subterráneas en 1987 y ahora está procediendo a asegurarse una necesaria organización y personal aprendiendo técnicas. Se aprecia que los requerimientos de operación pueden ser esperadas ampliamente por SAMAPA.

4) Los recursos de suministro de agua existentes, dependen de las aguas de la superficie.

Asimismo, el tratamiento implica un gran costo, sin embargo, colectando cargas de agua para cubrir estas necesidades es imposible, como juzgamos en las condiciones de vida de los habitantes en sus viviendas. Así, SAMAPA, está sufriendo los déficits financieros en toda época. El desarrollo de aguas subterráneas bajo este proyecto requiere solo unos pequeños gastos, debido al consumo eléctrico y cargas de desinfección, que comparamos con las aguas tratadas de la superficie, el costo de suministro de agua puede ser pequeño. Esto será una contribución a las condiciones financieras de SAMAPA, y este punto es altamente apreciado desde el punto de vista económico.

5) Las facilidades existentes de suministro de agua, como recurso de agua asume la precipitación anual tanto que en la estación de lluvia, las aguas pueden ser útiles en la estación seca. Sin embargo, Bolivia también ha sido afectada por el reciente cambio climático que sucedió a lo ancho del mundo. Las represas de almacenamiento, en la estación seca llegan a ser bajo el límite del nivel de agua y en el pasado las aguas jóvenes presentaron un gran problema muchas veces.

Con el agua subterránea desarrollada, no habrían fluctuaciones estacionales y la cantidad constante será asegurada todo el tiempo. Asimismo, en el evento de suministro de aguas jóvenes como mencionamos arriba, el agua subterránea así desarrollada, puede esperarse que sea el

recurso de suministro de agua como una medida de emergencia, no solamente para el Distrito del Alto, sino también para toda el área de La Paz.

5.3.3. Impacto del medio ambiente

1) Influencia de la decreción del nivel de agua

Una vez completado este proyecto, y comenzando con el funcionamiento, el nivel de agua subterránea decrecería alrededor de los grupos de pozos. Los resultados de simulación indican que, esta decreción de nivel de agua sería de 25 m en el punto del pozo 1995 y 35 m en el año 2000 en una cadena de 1.5 km desde el pozo que influirá en el año 2000.

El área señalada para la construcción de pozos es mala en el presente por el uso de pasteo de llamas y áreas de plantación. Además de la decreción de nivel de agua, se anticipó que la filtración de precipitaciones de agua dentro de la tierra a gran velocidad, da un resultado de disminución de la producción agrícola.

Asimismo, en estas áreas, es necesario reconsiderar, el método de uso del terreno o suministrar agua de los recursos de agua planificada para resolver el problema.

Dentro del área planificada para toma de agua, existen pozos de INSA, COVIMA, el pozo de INSA al presente no es usado y en el pozo de COVIMA el consumo de agua es de cerca a 30 m³/día. Asimismo, a COVIMA, este proyecto. Se juzga que no hay ninguna influencia por la existencia de otros pozos en el Distrito del Alto.

2) Influencia de la contaminación de agua

La 1ra. fase de trabajo es ejecutada en las orillas del Río Seco, y fuera de la influencia de la cadena del Río Seque. Asimismo, no parece tener problemas con la calidad de agua.

Para la 2da. fase de trabajo, el grupo de pozos está planificado en el area donde el Río Seco no tiene influencia. Sin embargo, hay una gran posibilidad que el Río Compulla y Río Chialhouilla son influenciados por aguas de desechos mineros. Así de la mina Milluni en practica es necesario tomar medidas adecuadas para prevenir este riesgo. Aún para la Ira. fase de trabajo no puede decirse que el riesgo no exista del todo.

Entonces, una vez que el trabajo haya sido completado, será necesario instalar un laboratorio de pruebas en la estación de bombeo, de manera que la calidad de agua que pueda ser monitoreasa en todo momento.

JICA

