

69  
2Ej.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**“ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL SUMINISTRO  
DE AGUA EN BLOQUE A LA CD. DE LA PAZ,  
BAJA CALIFORNIA SUR”.**

**TESIS PROFESIONAL**

*QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:*

**INGENIERO CIVIL**

*P R E S E N T A:*

**Marco Antonio Gutiérrez de la Rosa**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE :

C O N T E N I D O :	PAGINA
<b>I.- INTRODUCCION.</b>	5
I.1.- OBJETIVOS	6
I.2.- CONSIDERACIONES PARA LA IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO.	6
I.3.- DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS	7
<b>II.- MARCO DE REFERENCIA</b>	10
II.1.- UBICACION	10
II.2.- TOPOGRAFIA	11
II.3.- CLIMA	11
II.4.- SUELOS	16
II.5.- OROGRAFIA	16
II.6.- HIDROLOGIA	17
II.7.- GEOHIDROLOGIA	17
<b>III.- ESTUDIO SOCIOECONOMICO</b>	19
III.1.- DINAMICA POBLACIONAL	19
III.2.- NIVELES DE VIDA Y BIENESTAR	25
III.3.- INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO	27
III.4.- ESTRUCTURA ECONOMICA	29
<b>IV.- EVALUACION DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE ABASTECI- NIENTO.</b>	32
IV.1.- FUENTES DE ABASTECIMIENTO.	32
IV.2.- CONDUCCION	37
IV.3.- REGULARIZACION Y ALMACENAMIENTO	40
IV.4.- SISTEMA DE DISTRIBUCION	41
IV.5.- SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES.	42
<b>V.- IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO.</b>	45
V.1.- DOTACION Y CONSUMO	45
V.2.- HIDROLOGIA	52
V.3.- GEOHIDROLOGIA.	54

C O N T E N I D O :	PAGINA
<b>VI.- ESTUDIO Y SELECCION DE ALTERNATIVAS</b>	59
VI.1.- DATOS BASICOS	59
VI.2.- DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.	59
VI.3.- ANALISIS DE FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO.	62
VI.4.- ANALISIS DE COSTOS.	67
<b>VII.- EVALUACION FINANCIERA.</b>	71
VII.1.- ANALISIS DEL COSTO POR M <sup>3</sup> DE AGUA, CONSIDERANDO EL CONCEPTO DE RECUPERACION DEL CAPITAL E INTERESES.	71
VII.2.- ANALISIS DEL COSTO POR M <sup>3</sup> DE AGUA, CONSIDERANDO LA ANUALIDAD, OPERACION Y MANTENIMIENTO.	73
<b>VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	76
VIII.1.- ABASTECIMIENTO ACTUAL	76
VIII.2.- IDENTIFICACION DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO PARA ATENDER DEMANDAS FUTURAS.	77
VIII.3.- COSTOS.	78
<b>B I B L I O G R A F I A .</b>	88

## TABLAS, CUADROS, GRAFICAS, CROQUIS Y PLANOS

C O N T E N I D O :		PAGINA
<b>CROQUIS.</b>	LOCALIZACION DE LAS ZONAS EN ESTUDIO	9
<b>TABLA II.1.</b>	PROMEDIOS DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN LA ESTACION DE LA PAZ.	13
<b>TABLA II.2.</b>	PROMEDIOS DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN LA ESTACION LAGUNILLAS.	13
<b>TABLA II.3.</b>	PROMEDIOS DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN LA ESTACION SANTIAGO.	14
<b>TABLA II.4.</b>	PROMEDIOS DE LLUVIA TOTAL MENSUAL EN LA ESTACION LA PAZ.	14
<b>TABLA II.5.</b>	PROMEDIOS DE LLUVIA TOTAL MENSUAL EN LA ESTACION LAGUNILLAS.	15
<b>TABLA II.6.</b>	PROMEDIOS DE LLUVIA TOTAL MENSUAL EN LA ESTACION SANTIAGO.	15
<b>CUADRO III.1.</b>	POBLACION TOTAL DE LA CIUDAD DE LA PAZ, B.C.S. (1980).	19
<b>CUADRO III.2.</b>	POBLACION TOTAL POR EDAD Y SEXO EN LA ZONA -- DEL VALLE DE SANTIAGO, B.C.S.	20
<b>CUADRO III.3.</b>	HIPOTESIS DE PROYECCIONES DE POBLACION PARA -- LA CIUDAD DE LA PAZ, B.C.S.	22
<b>CUADROS</b>	PROYECCIONES DE POBLACION EN EL VALLE DE SAN-	
<b>III.4.1., 2 y 3</b>	TIAGO, B.C.S., HIPOTESIS BAJA, MEDIA Y ALTA.	23 y 24
<b>CUADRO IV.1.</b>	CAPACIDAD INSTALADA DE LOS POZOS DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE LA PAZ.	33
<b>CUADRO IV.2.</b>	RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS -- DEL SISTEMA LA PAZ - AGUA POTABLE.	35
<b>CUADRO IV.3.</b>	RESULTADOS DE LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS -- DEL SISTEMA LA PAZ - AGUA POTABLE.	36
<b>CUADRO IV.4.</b>	ACUEDUCTO No. 1. "LOS BLEDALES - LA PAZ".	38
<b>CUADRO IV.5.</b>	ACUEDUCTO No. 2. "LOS BLEDALES - LOMA LINDA".	39
<b>CUADRO IV.6.</b>	ACUEDUCTO No. 3.	39
<b>CUADRO IV.7.</b>	TANQUES DE REGULARIZACION Y ALMACENAMIENTO.	40
<b>CROQUIS IV.1.</b>	SISTEMA DE ACUEDUCTOS DE LA CIUDAD DE LA PAZ, B.C.S.	44

<b>C O N T E N I D O :</b>		<b>PAGINA</b>
<b>CUADRO V.1.</b>	DETERMINACION DE LA DOTACION SUFICIENTE PARA LA CIUDAD DE LA PAZ, B.C.S.	46
<b>CUADRO V.2.</b>	CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL VALLE DE SAN-- TIAGO, B.C.S.	47
<b>CUADRO V.3.</b>	DEMANDA TOTAL DE AGUA PARA FINES AGRICOLAS - EN EL VALLE DE SANTIAGO, B.C.S.	48
<b>CUADRO V.4.</b>	DOTACION PROPUESTA PARA LA POBLACION DEL VA-- LLE DE SANTIAGO, B.C.S.	49
<b>CUADRO V.5.</b>	PROYECCION DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LA PAZ, B.C.S.	50
<b>GRAFICA V.1.</b>	OFERTA - DEMANDA DE AGUA POTABLE PARA LA CIU-- DAD DE LA PAZ, B.C.S.	51
<b>CUADRO V.6.</b>	ALMACENAMIENTO EXPLOTABLE PROBABLE DEL ACUI-- FERO DE LA PAZ, B.C.S.	56
<b>CUADRO VI.1.</b>	PRIMER ACUEDUCTO DE LA ZONA DE CAPTACION.	60
<b>CUADRO VI.2.</b>	SEGUNDO ACUEDUCTO DE LA ZONA DE CAPTACION.	61
<b>CUADRO VI.3.</b>	ACUEDUCTO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA.	61
<b>CUADRO VII.1.</b>	ANALISIS DEL COSTO POR M <sup>3</sup> DE AGUA CONSIDERAN-- DO EL CONCEPTO DE RECUPERACION DEL CAPITAL E INTERESES.	72
<b>CUADRO VII.2.</b>	TIEMPOS DE BOMBEO Y CONSUMO DE ENERGIA ANUAL PROMEDIO EN LA ZONA DE CAPTACION Y PLANTAS - DE BOMBEO,	74
<b>CUADRO VII.3.</b>	COSTO POR M <sup>3</sup> DE AGUA.	75
<b>PLANTA GENE-- RAL.</b>	ACUEDUCTO SANTIAGO - LA PAZ.- ALTERNATIVAS - DE CONDUCCION.	79
<b>PLANOS VA-- RIOS.</b>	PERFIL DE FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE LA AL-- TERNATIVA SELECCIONADA.	80 a 87

## I. INTRODUCCION

La Ciudad de La Paz, capital del Estado de Baja California Sur, -- con una población de 135,341 habitantes, cuenta con una red de agua potable que da servicio al 90% de la población, mediante 23,484 tomas domésticas\*, 1,070 tomas comerciales, 133 tomas industriales y un número no determinado de tomas públicas. El 10% restante recibe el beneficio de emergencia del Plan Acuario, que consiste en la distribución de agua mediante carros-cisterna.

La fuente de abastecimiento consiste en la explotación de mantos - acuíferos del Valle de La Paz, por medio de 17 pozos profundos en operación\*\*, 4 de ellos ubicados dentro de la Ciudad y el resto dentro de la zona agrícola de Los Bledales (Vease croquis IV.1.)

La conducción se realiza mediante 3 acueductos a los cuales se encuentran conectados los pozos de Los Bledales. Los pozos de la Ciudad integran directamente a la red de distribución.

La regularización y almacenamiento se efectúa mediante 4 tanques, - con una capacidad total de 8,500 M<sup>3</sup>, sin considerar un quinto tanque -- con capacidad de 500 M<sup>3</sup> que nunca se ha usado.

De acuerdo a diversos estudios geohidrológicos realizados por la - extinta Secretaría de Recursos Hidráulicos y la actual Secretaría de -- Agricultura y Recursos Hidráulicos, en esta zona es posible extraer, en promedio, 21  $\overline{MM}^3$  de agua por año sin deterioro del acuífero, que como - se detalló anteriormente es la fuente de abastecimiento actual.

Como se puede observar en el capítulo V.1.3.2., 194,667 habitantes.

---

\* Data de abril de 1966, proporcionado por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Municipal.

\*\* Existen 6 pozos profundos mas, listas para operar en forma emergente ó en sustitución de los pozos ubicados dentro de la Ciudad.

demandarán  $21.32 \text{ MM}^3$  de agua en 1993 y para el año 2,005, 340,663 habitantes requerirán de  $37.30 \text{ MM}^3$  de agua potable. Dado lo anterior, la disponibilidad del acuífero y la demanda de agua al año 1993 quedan --- prácticamente en equilibrio, suponiendo que toda el agua del acuífero --- se utilice exclusivamente para el abastecimiento de la Ciudad y para el año 2005 existirá un déficit de  $16.30 \text{ MM}^3$ , por lo que es necesario elaborar estudios tendientes a encontrar nuevas fuentes de abastecimiento que garanticen una solución adecuada a este problema.

### I.1. OBJETIVOS

El programa de trabajo a desarrollar tiene como objetivo básico --- plantear y analizar alternativas de suministro de agua en bloque a la --- Ciudad de La Paz, B.C.S., hasta el año 2005, considerando como zona de captación el acuífero del Valle de Santiago, ubicado aproximadamente a 110 Km al SE de esta Ciudad.

El estudio consiste en anteproyectos de captación y conducción de agua, con sus respectivos bombeos, tanques de entrega\* y demas obras --- complementarias, definiendo la alternativa mas factible desde el punto de vista técnico-socioeconómico.

### I.2. CONSIDERACIONES PARA LA IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO

Una vez definidos el marco de referencia, los aspectos socioeconómicos y la evaluación de los sistemas actuales de abastecimiento, se --- procedió a la identificación de las fuentes de abastecimiento, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Valle de La Paz.- Que es la fuente de abastecimiento actual y cuyo acuífero será insuficiente para satisfacer los requerimientos de --- agua de la Ciudad a partir de 1993.

---

\* Se refiere al acoplamiento de la conducción con los proyectos existentes.



- **Valle del Carrizal.**- Ubicado a 40 Km al Sur de la Ciudad de La Paz (**Vease plano de alternativas de conducción**). Actualmente es objeto de estudio por parte de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, como fuente futura de abastecimiento de agua potable de la Ciudad de La Paz, razón por la cual no se incluye su estudio.

El acueducto Carrizal-La Paz, conducirá 114.2 lts/seg. 3.6  $\text{MM}^3/\text{año}$ , o sea que a partir de 1996 se requerirán nuevas fuentes de abastecimiento.

- **Valle de Los Planes.**- Ubicado a 40 Km al Sureste de La Paz (**Vease plano de alternativas de conducción**). El acuífero de este Valle actualmente se encuentra sobre-explotado por actividades agrícolas y dado que su disponibilidad es negativa sería muy costosa la compra de derechos sobre el uso del agua, tanto en el aspecto económico como en el social. Dada esta situación se descarta como fuente de abastecimiento.

- **Valle de Santiago.**- El acuífero de este Valle es considerado como la principal fuente de abastecimiento de este estudio. En el capítulo V.1.3.1., se demuestra que con la construcción del acueducto Santiago-La Paz, no se frenará el desarrollo urbano y agropecuario de toda esta zona.

- **El Mar.**- A partir del año 2006, es factible pensar en el mar como fuente potencial de abastecimiento, esperando que el avance científico y tecnológico abaraten los costos de desalación.

### I.3. DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS

La zona de captación se definió de acuerdo a la actualización del estudio geohidrológico del Valle de Santiago, Baja California Sur, SARH, PIDER, ROASA (1979).

Para el trazo de las rutas de conducción se utilizaron cartas topográficas escala 1:50,000 de INEGI, SPP, de las cuales se dedujeron los perfiles topográficos respectivos.

Se plantearon y analizaron tres alternativas de conducción, tal y como se muestra en el plano "Alternativas de conducción" de este documento.

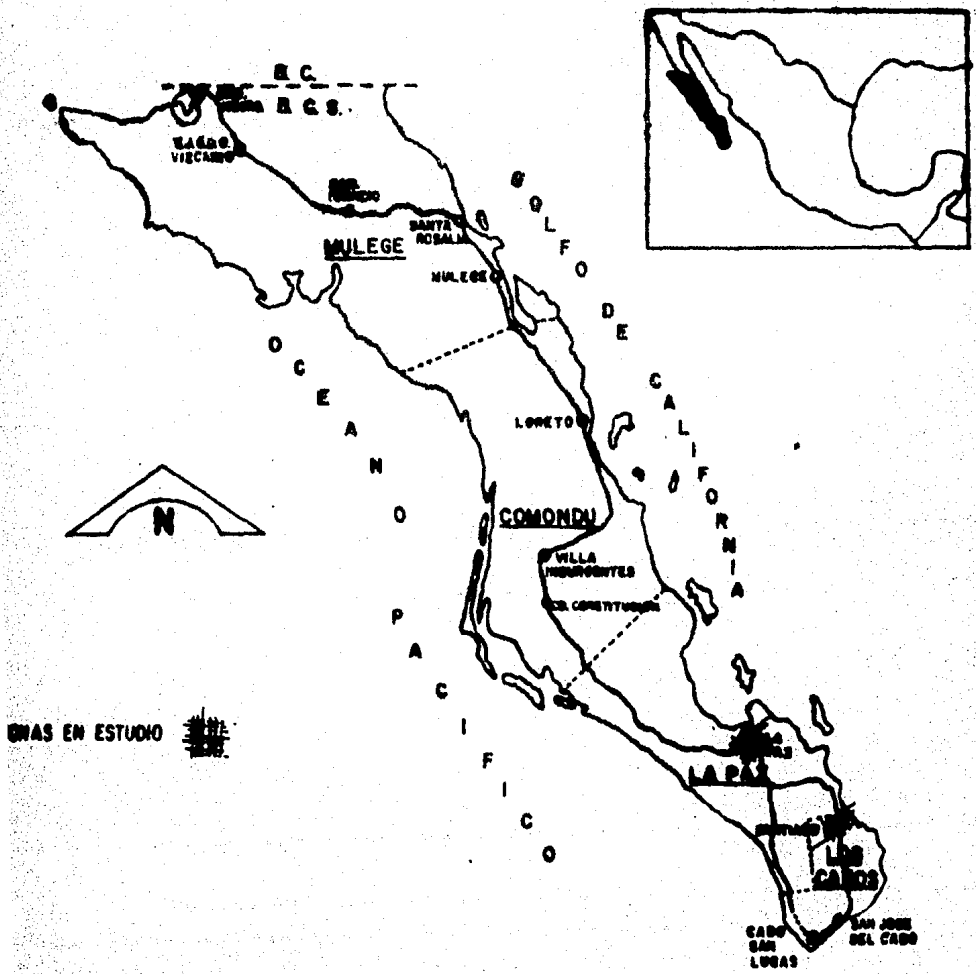
La zona de captación propuesta se ubica en el Valle de Santiago y consta de 10 pozos profundos con un gasto aproximado de 50 lts/seg. cada uno.

La línea de conducción consta de 110.25 Km de tubería de asbesto - cemento de 18, 20, 24 y 30 pulgadas de diámetro; 5 plantas de bombeo; - cajas de transición y rompedoras de presión; un tanque de regulariza--- ción y almacenamiento y equipo para cloración. Además se consideraron caminos de acceso, electrificación y demás obras complementarias.

El presente trabajo incluye también parte de los análisis hidráulicos realizados, evaluaciones financieras y un capítulo de conclusiones y recomendaciones.

# ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR

## LOCALIZACION



## II. MARCO DE REFERENCIA

### II.1. UBICACION

#### II.1.1.- LA PAZ.

La Ciudad de La Paz, se localiza al Sureste del Estado de Baja California Sur, en el Municipio de La Paz, en las coordenadas geográficas siguientes:

Latitud Norte 24° 08'

Longitud Oeste 110° 18'

Cabe mencionar que la Ciudad de La Paz se encuentra ubicada al término de la cuenca hidrológica del mismo nombre y que es cruzada por una serie de corrientes efímeras, situación que ha hecho necesaria la protección de la Ciudad a causas de las ocurrencias de ciclones, que generan grandes escurrimientos en tiempos muy breves.

Al Suroeste de la Ciudad, a 10 y 15 Kms sobre la carretera transpeninsular La Paz-Ciudad Constitución, se localizan las comunidades ejidales de Chametla y El Centenario respectivamente.

#### II.1.2.- SANTIAGO.

La población de Santiago se encuentra situada al Sur del Estado de Baja California Sur, en el Municipio de Los Cabos, a 120 Kms al Sureste de la Ciudad de La Paz y a 55 Kms al Norte de la población de San José del Cabo, en las coordenadas geográficas siguientes:

Latitud Norte 23° 28' 23"

Longitud Oeste 109° 43' 21"

La zona de influencia comprende prácticamente la totalidad de la - Delegación de Santiago, que consta de 18 localidades y está ubicada dentro de las coordenadas geográficas 23° 07' y 23° 32' de Latitud Norte; - 109° 40' de Longitud Oeste, cuya extensión territorial es de 1,935.6 -- Kms<sup>2</sup>.

## II.2. TOPOGRAFIA

### II.2.1.- TOPOGRAFIA DE LA CIUDAD DE LA PAZ.

En una clasificación general se observan tres tipos de pendientes, una que es donde se ubica la Ciudad y se extiende hacia el Sur, y cuyo gradiente es de 1.5%; otra que es parte de la serranía y cuyas pendientes son menores del 25%, y por último la serranía escarpada con inclinaciones mayores al 25%, siendo éstas últimas no aptas para el desarrollo urbano, ya que el costo de urbanización y dotación de infraestructura - es más alto que en los terrenos con pendientes suaves.

### II.2.2.- TOPOGRAFIA DE SANTIAGO.

El terreno donde se ubica Santiago, es generalmente accidentado, - en donde se encuentran rocas ígneas y sedimentarias.

## II.3. CLIMA

### II.3.1.- CLASIFICACION DEL CLIMA.

El clima predominante en la Ciudad y Valle de La Paz, según Koppen y modificado por García, corresponde al tipo BW, muy seco o desértico, - cuyas características principales son: extrema sequedad con menos de -- 300 mm. de precipitación media anual, su período lluvioso es en verano y es común que se prolongue hasta el invierno. Este tipo de clima se - divide en tres subtipos, de acuerdo a la temperatura media anual y al - porcentaje de precipitación invernal respecto al total.

A la localidad y Valle de Santiago, según el mismo sistema, corres

ponde el tipo de clima BS<sub>0</sub>, seco; que tiene entre 300 y 450 mm. de precipitación media anual y también se divide en tres subtipos con las mismas consideraciones que para la Ciudad y Valle de La Paz.

### II.3.2.- TEMPERATURA.

La temperatura media anual de la Ciudad de La Paz, la podemos considerar en 23.7°C, de acuerdo a la tabla II.1.

Para el Valle de La Paz consideramos una temperatura media anual de 23.9°C, de acuerdo a la tabla II.2.

En la estación de La Paz se han llegado a observar temperaturas extremas 1.9 y 43°C y en la estación Lagunillas de 2 y 45°C.

De acuerdo a los datos climatológicos de la estación Santiago la temperatura media anual en esa zona es de 23.7°C (Ver tabla II.3) y se han llegado a observar temperaturas extremas de -4 y 44°C.

### II.3.3.- PRECIPITACION.

La precipitación media anual para la Ciudad y Valle de La Paz es de 179.5 y 252.7 mm. respectivamente de acuerdo a las estaciones cuyos datos aparecen en las tablas II.4 y II.5.

Respecto a la precipitación media anual en la zona de Santiago, como se puede observar en la tabla II.6, es de 316.7 mm.

### II.3.4.- EVAPORACION.

De acuerdo a las estaciones La Paz y Lagunillas, la evaporación media anual para la Ciudad y Valle de La Paz es de 2189.9 y 2367.6 mm. -- respectivamente.

La evaporación media anual registrada en la estación Santiago es de 1814.5 mm.

PROMEDIOS DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN °C DE 1906 A 1976  
 ESTACION: LA PAZ, MUNICIPIO: LA PAZ, REGION HIDROLOGICA 6  
 UBICACION: 24°07'30" LAT.N. Y 110°20'30" LONG.W., A 16 m.s.n.m.

TABLA II.1.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>MAXIMA</b>	20.6	21.0	23.2	24.6	28.6	31.1	31.9	32.0	31.2	29.5	25.2	21.1	25.1
<b>MINIMA</b>	15.2	15.3	17.4	19.3	21.4	22.3	25.8	22.0	25.7	21.5	19.9	15.8	21.8
<b>MEDIA</b>	17.8	18.3	20.0	22.1	24.3	26.3	29.1	29.4	28.8	26.2	22.5	19.1	23.7
<b>VAR</b>	1.0	1.5	1.7	1.2	2.2	2.2	1.6	1.9	1.1	1.4	1.4	1.2	0.5
<b>D.S.</b>	1.0	1.2	1.3	1.1	1.5	1.5	1.3	1.4	1.0	1.2	1.2	1.1	0.7
<b>ASM.</b>	-0.26	-0.05	0.06	-0.06	0.40	0.27	0.05	-2.28	-0.47	-0.68	-0.15	-0.58	-0.02

PROMEDIOS DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN °C DE 1953 A 1976  
 ESTACION: LAGUNILLAS, MUNICIPIO: LA PAZ, REGION HIDROLOGICA 6  
 UBICACION: 23°59'30" LAT.N. Y 110°20'45" LONG.W., A 36 m.s.n.m.

TABLA II.2.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>MAXIMA</b>	24.2	23.7	24.6	25.0	27.7	29.5	31.9	31.9	31.0	28.1	24.0	23.4	25.3
<b>MINIMA</b>	16.0	17.0	19.2	21.2	22.8	23.4	29.2	23.8	23.0	21.9	20.7	17.8	22.7
<b>MEDIA</b>	18.7	19.4	21.1	22.8	24.6	26.4	29.2	29.1	28.1	25.5	22.3	19.7	23.9
<b>VAR</b>	2.6	3.4	1.7	1.0	1.2	2.2	5.4	6.8	7.0	2.8	1.0	1.9	0.4
<b>D.S.</b>	1.6	1.8	1.3	1.0	1.1	1.5	2.3	2.6	2.6	1.7	1.0	1.4	0.6
<b>ASM.</b>	1.69	0.91	0.82	0.66	0.74	-0.04	-1.10	-0.98	-0.81	-0.47	-0.03	1.00	0.11

VAR = VARIANCIA, D.S. = DESVIACION STANDARD, ASM. = ASIMETRIA.

PROMEDIOS DE TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN °C DE 1930 A 1976  
 ESTACION: SANTIAGO, MUNICIPIO: LOS CABOS, REGION HIDROLOGICA 6  
 UBICACION: 23°28'30" LAT.N. Y 109°43'00" LONG.W. A 125 m.s.n.m.

TABLA II.3.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAXIMA	20.5	21.7	22.6	24.4	27.3	30.1	32.0	32.4	31.2	28.2	24.3	23.7	25.1
MINIMA	13.4	11.9	15.3	18.5	21.3	24.7	26.8	26.7	19.4	22.2	17.1	13.4	22.3
MEDIA	16.9	17.5	19.3	21.8	24.9	28.0	30.3	29.9	28.8	26.0	21.8	18.4	23.7
VAR	2.4	3.3	2.4	2.0	1.4	1.5	1.3	1.4	3.9	1.9	1.8	3.2	0.5
D.S.	1.6	1.8	1.5	1.4	1.2	1.2	1.1	1.2	2.0	1.4	1.4	1.8	0.7
ASM.	0.12	-0.43	0.35	-0.26	-0.79	-0.32	-1.16	-0.60	-3.06	-0.76	-0.77	-0.09	-0.21

PROMEDIOS DE LLUVIA TOTAL MENSUAL EN MM. DE 1906 A 1976  
 ESTACION: LA PAZ, MUNICIPIO: LA PAZ, REGION HIDROLOGICA 6  
 UBICACION: 23°59'30" LAT.N. Y 110°20'45" LONG.W., A 36 m.s.n.m.

TABLA II.4.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAXIMA	198.4	83.0	46.8	25.0	4.3	40.0	91.3	289.0	381.6	126.2	100.0	149.0	622.0
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	29.9
MEDIA	11.1	4.9	1.8	0.6	0.1	2.1	10.4	41.8	61.0	13.9	9.7	22.0	179.5
VAR	849.0	178.2	43.6	10.3	0.5	45.2	265.5	2161.8	5673.4	556.9	493.1	722.0	1503.4
D.S.	29.1	13.4	6.6	3.2	0.7	6.7	16.0	46.5	75.3	23.6	22.2	26.9	122.5
ASM.	4.82	4.41	5.43	7.08	5.05	4.18	2.88	2.84	2.23	2.78	2.96	2.11	1.61

VAR = VARIACION D.S. = DESVIACION STANDARD, ASM. = ASIMETRIA.



PROMEDIOS DE LLUVIA TOTAL MENSUAL EN MM. DE 1953 A 1976  
 ESTACION: LAGUNILLAS, MUNICIPIO: LA PAZ, REGION HIDROLOGICA 6  
 UBICACION: 23°59'30" LAT.N. Y 110°20'45" LONG.W., A 36 m.s.n.m.

TABLA II.5.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAXIMA	107.0	64.5	7.5	4.5	3.0	36.0	52.5	236.0	206.5	180.5	79.5	80.5	514.5
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MEDIA	14.8	5.6	1.0	0.3	0.1	2.9	15.1	86.6	71.3	27.3	11.3	16.5	252.7
VAR	599.4	85.6	4.7	1.0	0.4	97.7	264.7	3648.9	2483.9	1762.5	581.8	381.2	11345.3
D.S.	24.5	13.6	2.2	1.0	0.6	9.9	16.3	60.3	49.8	42.0	24.1	19.5	106.5
ASM.	2.43	3.55	2.15	3.61	4.49	2.96	0.90	0.71	0.98	2.24	2.07	1.81	1.12

PROMEDIOS DE LLUVIA TOTAL MENSUAL EN MM. DE 1939 A 1976  
 ESTACION: SANTIAGO, MUNICIPIO: LOS CABOS, REGION HIDROLOGICA 6  
 UBICACION: 23°28'30" LAT.N. Y 109°43'00" LONG.W. A 125 m.s.n.m.

TABLA II.6.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MAXIMA	298.0	97.0	37.0	54.5	72.5	12.0	238.0	219.2	283.0	156.0	157.0	49.9	749.6
MINIMA	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.5	0.0	0.0	0.0	58.0
MEDIA	17.0	4.3	1.6	1.4	1.9	0.5	35.0	63.9	128.8	35.9	15.1	11.2	316.7
VAR	2510.0	263.8	39.6	78.2	138.3	4.4	2352.4	2672.1	11428.5	1808.2	1051.7	174.5	25873.1
D.S.	50.1	16.2	6.3	8.8	11.8	2.1	48.5	51.7	106.9	42.5	32.4	13.2	160.9
ASM.	4.81	5.10	4.95	5.84	5.84	4.71	2.17	1.17	1.01	1.25	2.76	1.09	0.99

VAR = VARIANCIA, D.S. = DESVIACION STANDARD, ASM = ASIMETRIA.

### II.3.5.- VIENTOS DOMINANTES.

Los vientos dominantes en la Ciudad y Valle de La Paz son del Sur y en la región de Santiago de acuerdo a los pocos datos que se tienen - se pueden considerar del Noreste.

### II.4. SUELOS

Para la Ciudad y Valle de La Paz se han destacado cinco tipos de - suelos:

- Limo arenosos
- De material plásticos limos, arenas, arcillas y areniscas.
- Limo arenoso, de formación reciente, con buen contenido de materia orgánica.
- Arenosos
- Fangosos, cercanos al litoral.

Desde el punto de vista agrológico la calidad de los suelos va de 3a. a 4a. clase, por su composición arenosa; requiriendo además un fuerte gasto de agua dada su permeabilidad.

Los índices de agostadero varían para todo el Estado de 28 a 80 -- Has. por cabeza de ganado vacuno. Los cultivos intensos y huertas se - hallan en la planicie al Sur de la Ciudad y próximos a ella.

Para la localidad de Santiago el tipo de suelo existente es arenoso, con afloración de rocas ígneas y sedimentarias. Para toda la zona del Valle de Santiago predominan los suelos arenosos con afloración de rocas, migajón y franco arenoso.

### II.5. OROGRAFIA

Para el caso de la Ciudad de La Paz, las conformaciones orográficas son del tipo serranía, planicie y litoral. Tomando como base el -- centro de la Ciudad al NNE se extiende la serranía bien definida y al E

y SE en forma aislada, al S y SW existe una gran planicie que define el Valle y al W, NW y N el litoral.

La localidad de Santiago se encuentra en áreas con pequeñas elevaciones continuas llamándoseles lomas y en general la orografía de toda la zona\* van desde 0 hasta 2,000 metros sobre el nivel del mar, destacando la Sierra de La Laguna, Picacho de San Lázaro y Sierra de San Lorenzo.

## II.6. HIDROLOGIA

Las zonas en estudio\*\* pertenecen a la región hidrológica No. 6 de nominada Baja California Sureste (La Paz) que drena hacia el Golfo de California.

Los principales arroyos dentro de la cuenca del Valle de La Paz -- son el de La Paz y El Datilar y reciben aportaciones de los arroyos de El Cajoncito, El Piojillo, San Pedro y Los Músicos entre otros.

Referente a la zona de Santiago el arroyo principal es el de Santiago que recibe aportaciones de los arroyos San Dionisio, San Jorge y Agua Caliente, todos por la margen derecha.

## II.7. GEOHIDROLOGIA

### II.7.1.- VALLE DE LA PAZ.

La cuenca geohidrológica de La Paz se localiza en la región Sur de la Península de Baja California, entre los meridianos 110° 6' y 110° 28' longitud oeste y entre los paralelos 23° 50' y 24° 10' latitud norte, - cubriendo una extensión aproximada de 947 Km<sup>2</sup>.

De acuerdo a los estudios geohidrológicos de 1972, 1974 y 1982, se determinaron recargas entre 18 y 30 MM<sup>3</sup>/año y en un análisis que se hizo de dichos estudios, considerando las precipitaciones desde 1927 hasta 1975, se llegó a la conclusión de que la recarga media anual para el

---

\* Delegación de Santiago.

\*\* La Paz y Santiago.

acuífero del Valle de La Paz es del orden de los 21  $\overline{\text{MM}}^3$ .

Según el estudio geohidrológico de 1982 en el Valle de La Paz existen aproximadamente 350 aprovechamientos hidráulicos, cuya extracción es del orden de los 37  $\overline{\text{MM}}^3$ /año. Datos más actuales dicen que en este Valle existen 116 aprovechamientos hidráulicos en explotación, los cuales extraen aproximadamente 35,5  $\overline{\text{MM}}^3$ /año.

Comparando la extracción con la recarga se observa una sobreexplotación de 14.5  $\overline{\text{MM}}^3$ /año, situación que provoca el avance de la intrusión salina, que en 1974 se calculó en 230m/año, y que abate los niveles estáticos a razón de 35 cm/año.

#### II.7.2.- VALLE DE SANTIAGO.

La cuenca geohidrológica de Santiago se localiza en la región Sur de la Península de Baja California, entre los meridianos 109° 28' y --- 110° 02' longitud oeste y sobre el paralelo 23° 29' de latitud norte, - cubriendo una extensión aproximada de 887 Km<sup>2</sup>.

De acuerdo a un estudio geohidrológico realizado en 1974 las ex--- tracciones fueron de 4.7  $\overline{\text{MM}}^3$  y la recarga se estimó en 16.9  $\overline{\text{MM}}^3$ .

El último estudio geohidrológico realizado en 1979 dice que median te 117 aprovechamientos hidráulicos las extracciones fueron de 8.2  $\overline{\text{MM}}^3$  y considera una recarga del orden de los 27  $\overline{\text{MM}}^3$ /año.

### III. ESTUDIO SOCIOECONOMICO

#### III.1. DINAMICA POBLACIONAL

##### III.1.1.- POBLACION TOTAL POR EDAD Y SEXO.

###### a).- LA PAZ.

En el X Censo General de Población y Vivienda 1980, el Municipio - de La Paz contaba con una población de 130,427 habitantes, 60.62% del total del Estado. En la misma fecha la Ciudad de La Paz tenía 91,453 habitantes, representando el 70.12% del total del Municipio (Cuadro III.1).

##### POBLACION TOTAL DE LA CIUDAD DE LA PAZ, B.C.S. (1980)

CUADRO III.1.

RANGO DE EDAD EN AÑOS.	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
0 A 9	13,382	13,230	26,612
10 A 14	5,091	5,845	11,936
15 A 19	5,260	5,301	10,561
20 A 29	8,260	8,291	16,551
30 A 39	5,339	5,074	10,473
40 A 49	3,415	3,081	6,496
50 A 59	2,123	2,039	4,162
60 A 69	1,292	1,269	2,561
70 A 79	646	725	1,371
80 EN ADELANTE	277	453	730
<b>T O T A L :</b>	<b>46,145</b>	<b>45,308</b>	<b>91,453</b>

## b).- VALLE DE SANTIAGO.

Los aspectos socioeconómicos de la zona probable de captación, que se sitúa en las inmediaciones de la población de Santiago, se analizarán a nivel de cuenca geohidrológica, en la cual, se asienta una población aproximada de 4,207 habitantes (1985) distribuidos en 9 localidades, donde las poblaciones de Santiago y La Ribera son las de mayor desarrollo socioeconómico, albergando 1,162 y 1,175 habitantes respectivamente, lo que representa un 55.6% de la población total, misma que se muestra por edad y sexo en el Cuadro III.2.

## POBLACION TOTAL POR EDAD Y SEXO EN LA ZONA DEL VALLE DE SANTIAGO, B.C.S.

CUADRO III.2.

RANGO DE EDAD.	SANTIAGO			LA RIBERA			OTRAS LOCALIDADES			TOTAL
	HOM.	MUJ.	TOTA.	HOM.	MUJ.	TOTAL	HOM.	MUJ.	TOTAL	
0 A 4	60	46	106	42	53	95	88	91	179	380
5 A 9	89	86	175	53	42	95	118	99	217	487
10 A 14	101	97	198	137	132	269	196	187	383	850
15 A 24	123	112	235	100	88	188	167	142	309	732
25 A 34	71	74	145	60	37	97	107	98	205	447
35 A 44	38	63	111	65	52	117	88	87	175	403
45 A 54	41	28	69	78	74	152	98	82	180	401
55 A 64	24	28	52	76	68	144	78	80	158	354
65 O MAS	36	35	71	12	6	18	39	25	64	153
<b>T O T A L :</b>	<b>593</b>	<b>569</b>	<b>1162</b>	<b>623</b>	<b>552</b>	<b>1175</b>	<b>979</b>	<b>891</b>	<b>1870</b>	<b>4207</b>

## III.1.2.- DENSIDAD DE POBLACION.

La mancha urbana de la Ciudad de La Paz, comprende una superficie aproximada de 1,800 Ha., donde habita una población de alrededor de --- 135,341 Hab., arrojando una densidad media de 75 hab/Ha., existiendo zonas con valores máximos de 360 y mínimos de 25 Hab./Ha.

#...

Las poblaciones de Santiago y La Ribera tienen una densidad de población de 30 a 33 hab/ha., en el resto de las localidades se estima un promedio de 20 hab/ha.

### III.1.3.- MOVIMIENTOS MIGRATORIOS.

#### a).- CIUDAD DE LA PAZ.

En las últimas décadas la Ciudad de La Paz ha presentado un acelerado crecimiento poblacional, que va de los 10,401 habitantes en 1940 a 91,453 hab. en 1980, siendo el resultado de un crecimiento natural del orden de 3.2 a 3.5% y de una fuerte corriente migratoria, que en total arrojó un crecimiento del 7.11% en la última década.

Este flujo migratorio es de origen estatal y nacional, principalmente de los Estados de Sinaloa, Sonora, Jalisco, México, Distrito Federal, Durango, Zacatecas, Oaxaca y Baja California Norte; este hecho es el resultado de una atractiva situación que ofrecía la Ciudad, en mayores oportunidades de empleo y salarios más altos en comparación con el resto del país.

En los últimos años la Ciudad de La Paz afronta graves problemas económicos, especialmente en el sector comercio como producto de la crisis económica que padece nuestro País y a las restricciones que han impuesto a la zona libre; originando el cierre de un gran número de comercios que se dedicaban a la venta de mercancía extranjera, teniendo como efecto lógico la desocupación de su personal en esta actividad. Esta crisis económica ha originado la emigración de algunas personas al macizo continental y de esta manera se ve frenado el crecimiento que venía presentando esta Ciudad.

#### b).- VALLE DE SANTIAGO.

En la mayoría de las localidades asentadas en este valle, se observa un fenómeno migratorio de carácter emigratorio de poco monto y de naturaleza eventual, presentándose con mayor incidencia entre la pobla---

ción estudiantil. No obstante, en la población de La Ribera se aprecia una inmigración de cierta consideración donde aproximadamente el 40% de los habitantes son oriundos de otros lugares, lo anterior es motivado por la generación de empleos en el sector pesquero y turístico de esa zona.

### III.1.4.- PROYECCIONES DE POBLACION.

El tema de proyecciones de población ha sido siempre objeto de las más variadas controversias, dada la gran variedad de parámetros que deben de tomarse en cuenta, así como la diversidad de métodos de cálculo existentes.

Para definir la población de proyecto de la Ciudad de La Paz; se tomó en cuenta la tasa de crecimiento histórico, los planes hidráulicos y de Desarrollo Urbano, diagnósticos y perspectivas del Consejo Estatal de Población y la monografía socio-demográfica de Baja California Sur de la Universidad Estatal.

De la bibliografía consultada, se escogió la proyección de población media que para este caso es la propuesta por el Plan nacional de Desarrollo Urbano en su tendencia baja (5.33%) y que coincide con el crecimiento histórico del Estado en la década 1970-80.

### CUADRO III.3.

#### HIPOTESIS DE PROYECCIONES DE POBLACION PARA LA CIUDAD DE LA PAZ, B.C.S.

AÑO	PLAN HIDRAULICO ESTATAL (6%) 6% DESPUES DEL 2000	PLAN NAL. DE DES. URBANO (5.33%) 4% DESPUES DEL 2000	PLAN NAL. HIDRAULICO (2.9%) 2% DES- PUES DEL 2000.
1985	128,492	128,492	128,492
1986	138,771	135,341	132,218
1987	149,873	142,554	136,053
1988	161,863	150,152	139,998
1989	174,812	158,156	144,058
1990	188,797	166,585	148,236

Continúa...



AÑO	PLAN HIDRAULICO ESTATAL (5% 6% DESPUES DEL 2000	PLAN MAL. DE DES. URBANO (5.33%) 4% DESPUES DEL 2000.	PLAN MAL. HIDRAU- LICO (2.9%) 2% → DESPUES DEL 2000.
1991	203,901	175,464	152,535
1992	220,213	184,816	156,958
1993	237,830	194,667	161,510
1994	256,856	205,043	166,194
1995	277,405	215,972	171,013
1996	299,597	227,483	175,973
1997	323,565	239,608	181,076
1998	349,450	252,379	186,327
1999	377,406	265,831	191,731
2000	407,598	280,000	197,291
2001	432,054	291,200	201,237
2002	457,977	302,848	205,262
2003	485,456	314,962	209,367
2004	514,583	327,560	213,554
2005	545,458	340,663	217,825

En el cuadro III.3. se muestran tres de las proyecciones analizadas, cabe mencionar que estas proyecciones son válidas hasta el año --- 2,000 y que la tasa de crecimiento se redujo a partir de este año dada la tendencia nacional existente a la baja en el crecimiento demográfico.

Para las proyecciones de población del Valle de Santiago, se consideraron tres hipótesis, de acuerdo al criterio utilizado por la Dirección de Planificación y Urbanismo del Gobierno del Estado de Baja California Sur en los Planes de Desarrollo Urbano.

PROYECCIONES DE POBLACION EN EL VALLE DE SANTIAGO, B.C.S.

HIPOTESIS BAJA

CUADRO III.4.1.

AÑO	SANTIAGO 2.4% 2.1% DESP. DE 2000 1.7% DESP. DE 2010.	LA RIBERA 2.8% 2.4% DESP. DE 2000 1.9% DESP. DE 2010	OTRAS LOCALIDADES 3.0%, 2.6% DESP.DE 2000, 2.1% DESP.- DE 2010.	TOTAL
1985	1,162	1,175	1,870	4,207
1986	1,190	1,208	1,926	4,324
1990	1,308	1,349	2,168	4,825
1995	1,473	1,549	2,513	5,535

Continúa .....

... Viene de la Hoja anterior.

AÑO	SANTIAGO 2.4% 2.1% DESP. DE 2000 1.7% DESP. DE 2010.	LA RIBERA 2.8% — 2.4% DESP. DE 2000 — 1.9% DESP. DE 2010.	OTRAS LOCALIDA DES 3.0%, 2.6% DESP. DE 2000, 2.1% DESP. DE 2010.	TOTAL
2000	1,658	1,778	2,913	6,349
2005	1,840	2,002	3,312	7,154
2010	2,041	2,254	3,765	8,060
2015	2,220	2,476	4,177	8,873
2020	2,416	2,721	4,635	9,772

## HIPOTESIS MEDIA

## CUADRO III.4.2.

AÑO	SANTIAGO 4.3%, 3.8% DESP.2000 3.2% DESP.2010	LA RIBERA 4.4%, 4% DESP. 2,000, 3.5% DESP.2010.	OTRAS LOCALIDA DES 3.2, 2.9 — DESP. 2,000 — 2.5% DESP.2010	TOTAL
1985	1,162	1,175	1,870	4,207
1986	1,212	1,227	1,930	4,369
1990	1,434	1,457	2,189	5,080
1995	1,770	1,807	2,562	6,139
2000	2,185	2,242	2,999	7,426
2005	2,633	2,728	3,460	8,821
2010	3,173	3,319	3,991	10,483
2015	3,714	3,942	4,515	12,171
2020	4,348	4,682	5,109	14,139

## HIPOTESIS ALTA

## CUADRO III.4.3.

AÑO	SANTIAGO 5.6% 5.2% DESP.2000 4.9% DESP.2010	LA RIBERA 5.8% 5.4% DESP.2000 5.1% DESP.2010	OTRAS LOCALIDADES 4.0%, 3.7% DESP.- 2,000, 3.1.% DESP. 2010.	TOTAL
1985	1,162	1,175	1,870	4,207
1986	1,227	1,243	1,945	4,415
1990	1,526	1,558	2,275	5,359
1995	2,004	2,065	2,768	6,837
2000	2,631	2,737	3,368	8,736
2005	3,390	3,560	4,039	10,989
2010	4,368	4,631	4,844	13,843
2015	5,548	5,939	5,753	17,240
2020	7,048	7,616	6,833	21,497

#...

Tomando el Valle de Santiago como probable fuente de captación, el presente estudio tratará de asegurar que todas las localidades asentadas dentro de la cuenca hidrológica de Santiago, cuenten hasta el año 2,020 con agua suficiente para todos los usos, razón por lo cual se considerará que la población crecerá de acuerdo a la hipótesis alta.

### III.2. NIVELES DE VIDA Y BIENESTAR

#### III.2.1.- NUMERO DE FAMILIAS.

En base al dato de 135,341 habitantes para la Ciudad de La Paz en 1986, y de acuerdo al número promedio de 5.25 miembros por familia, se considera que esta Ciudad está conformada por 25,779 familias.

En la zona del Valle de Santiago viven aproximadamente 770 familias, 220 en la localidad de Santiago, 225 en la población de La Ribera y el resto en 7 comunidades rurales.

#### III.2.2.- VIVIENDA.

El Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad de La Paz, manifiesta -- que aproximadamente un 42% de las viviendas están construidas con materiales de carácter duradero (tabique), un 33% de madera y el resto de adobe, barro y otros materiales.

El número de viviendas existentes en el Valle de Santiago se estima en 705 casas habitación, de las cuales un 43% están construidas con materiales rústicos como: palma, vara y materiales regionales; un 36% de ladrillo y techo de palma y el resto de mampostería.

#### III.2.3.- SALUBRIDAD

La Ciudad de La Paz, dispone de la infraestructura necesaria para dar servicio a la población; un Hospital Civil Regional de la S.S.A., -- una Clínica Hospital del ISSSTE, una Clínica Hospital del INSS, una Clínica Hospital Militar (Secretaría de la Defensa Nacional), un Centro de

Salud de la S.S.A., una Enfermería Militar (Secretaría de Marina), y en forma particular se cuenta con centros de especialidades médicas, clínicas, consultorios y laboratorios de análisis clínicos.

De las poblaciones asentadas en la cuenca de Santiago sólo las poblaciones de Santiago y La Ribera cuentan con servicios médicos, consistentes en puestos periféricos del ISSSTE y Centro de Salud "C" de la -- S.S.A., que constan de un consultorio, una sala de expulsión y un cuarto de internado con tres camas y dos cunas; prestando los servicios de: consulta general, atención de partos y hospitalización, cirugía menor, planificación familiar e inmunizaciones.

#### III.2.4.- EDUCACION.

El Estado de Baja California Sur y en especial la Ciudad de La Paz tienen resuelto en gran porcentaje el problema educativo tanto en lo -- que respecta a alfabetización, como a escuelas, edificios y personal docente.

Se cuenta con el nivel educativo de: preescolar, primaria, capacitación para el trabajo; secundaria general, para trabajadores, técnica industrial y pesquera; profesional, medio técnico, Centro de Educación en Ciencias y Tecnologías del Mar, Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica, Técnica en Enfermería; Bachillerato Técnico Profesional, Agropecuario y Pesquero; Bachillerato Gral. y Normal Federal Preescolar y Primaria.

Además se cuenta con seis instituciones de educación superior: Universidad Autónoma de Baja California Sur, Instituto Tecnológico de La - Paz, Universidad Pedagógica, Normal, Normal Superior y el Centro Interdisciplinario de Ciencias del Mar que imparte cursos de Maestría y Doctorado.

En el Valle de Santiago se cuenta con educación preescolar y primaria en cada una de sus localidades; regionalmente en la Delegación de - Santiago se dispone de educación media básica, la cual se imparte en -- una secundaria técnica agropecuaria. En apoyo a la educación se cuenta

con albergues rurales en las localidades de Santiago y La Ribera, donde se atienden a los niños de las rancherías cercanas.

### III.2.5.- FUERZA DE TRABAJO.

En la Ciudad de La Paz, para 1985, se estima una fuerza de trabajo de 79,665 habitantes; donde se considera a la población de ambos sexos con más de 12 años y menos de 70; representando el 62% de la población total, estando constituido por 40,197 hombres y 39,468 mujeres.

Para este mismo año, en el Valle de Santiago se estima una fuerza de trabajo de 2,735 personas, que representan el 65% de la población total.

### III.2.6.- POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA.

En base a la fuerza de trabajo existente en la Ciudad de la Paz, - el 51% es considerada como Población Económicamente Activa, representando una población de alrededor de 50,629 habitantes, misma que se encuentra ocupando las siguientes actividades: Sector primario 10%, Sector Industrial 21% y Sector Comercio y de Servicios el 69%.

Para el Valle de Santiago, del total de la fuerza de trabajo, el - 47.5% se considera como Población Económicamente Activa y su ocupación es básicamente en el Sector Primario, predominando las actividades agropecuarias y pesqueras; el sector servicios absorbe aproximadamente el - 30% de la Población Económicamente Activa y por último el sector secundario ocupa solo el 5% de la Población Económicamente Activa, resaltando en este sector la talabartería y la elaboración de dulces regionales.

## III.3. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO

### III.3.1.- VIAS Y MEDIOS DE COMUNICACION.

La Ciudad de La Paz cuenta con vías de comunicación terrestre, marítima y aérea, entre las que destacan: la Carretera Transpeninsular; -

los muelles fiscal, turístico y el terminal Pichilingue; así como un aeropuerto internacional y un aeródromo militar.

Referente a medios de comunicación, se cuenta con radiocomunicación, 11,500 números telefónicos en servicio, 116 abonados en servicio de telex, una administración de correos y tres sucursales, cuatro administraciones de telégrafos y dos sucursales, una estación radiotelegráfica, cuatro canales de televisión, tres radiodifusoras de amplitud modulada y dos de frecuencia modulada.

Las poblaciones asentadas en el Valle de Santiago se encuentran comunicadas al Norte y Sur del Estado a través de la Carretera Transpeninsular, además se cuenta con dos aeropistas de terracería compactada; -- una de 1,061 mts. de largo en Santiago y otra de 960 mts. en Buena Vista.

Actualmente operan 50 números telefónicos en Santiago, 46 en La Ribera y 31 en Buena Vista; se cuenta con una administración de correos -- en Santiago y agencias en La Ribera, Buena Vista y las Cuevas; el servicio telegráfico se realiza mediante la administración existente en Santiago y las agencias en La Ribera y Buena Vista.

### III.3.2.- ENERGIA ELECTRICA.

Aproximadamente el 95% de los habitantes de la Ciudad de La Paz -- cuentan con un buen suministro de energía eléctrica, a través de las -- termoeléctricas Punta Prieta I y II, con una capacidad instalada conjunta de 112,500 Kw, ubicadas a 12 Kms. de esta Ciudad.

Para el Valle de Santiago, el suministro se realiza a través de -- una subestación que se localiza a 2 Kms. del poblado de Santiago, misma que se abastece de las termoeléctricas de Punta Prieta. La cobertura -- se estima en un 80%.

#...

### III.3.3.- INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA.

Se detallará ampliamente en el capítulo IV de evaluación de los -- sistemas actuales de abastecimiento.

### III.3.4.- EQUIPAMIENTO URBANO.

La Ciudad de La Paz cuenta con un equipamiento urbano prácticamente completo; entre los servicios más importantes que se prestan a los -- habitantes y turistas se puede mencionar: agua potable, alcantarillado, pavimentación, alumbrado público, parques y jardines, rastros, hospitales, panteones, escuelas, instalaciones deportivas, vigilancia y seguridad, limpia, etc. Estos servicios son de carácter Municipal, Estatal y Federal.

La región del Valle de Santiago dispone de: un Centro de Salud, -- educación, cultura, recreación y deporte, comercio al detalle y servicios públicos; existiendo una concentración de los mismos en las poblaciones de Santiago y La Ribera.

## III.4. ESTRUCTURA ECONOMICA

### III.4.1.- DESARROLLO DEL SECTOR AGROPECUARIO Y FORESTAL.

Las altas temperaturas y la baja precipitación pluvial registradas en la cuenca de Valle de La Paz, provocan que la vegetación existente -- sea del tipo desértico, formados por pastos de ciclo vegetativo sumamente corto, árboles y arbustos de características xerófilas y cactáceos.

No obstante las condiciones adversas existentes para lograr un desarrollo agropecuario en esta zona, actualmente, mediante la explotación de los mantos acuíferos de este valle se riegan 2,625 Has., y 100 con aguas residuales\*; siendo de régimen ejidal el 35% y el resto de pequeña propiedad, además el 36% de la superficie irrigada cuenta con sistema de riego tecnificado.

---

\* Provenientes del Sistema La Paz-Aguas Negras, reciben un tratamiento primario para el riego de forrajes.

Los cultivos habituales son el algodón, trigo, maíz forrajero, sorgo forrajero, chile calabaza, hortalizas, tomate, cebolla, frijol, papa, alfalfa, frutales, etc.

En el aspecto ganadero, en el Municipio de La Paz, se cuenta con - un coeficiente de agostadero de 40-50 Ha./u.a., existiendo una población aproximada de 75,567 bovinos, 7,582 porcinos, 895 ovinos, 34,203 caprinos, 1,340,873 aves y 500 colmenas.

La cuenca del Valle de Santiago tiene una superficie aproximada de 887 Km<sup>2</sup>, de la cual solo un 1.2% (1,045 Ha.), se emplea para fines agricolas, debido a las pocas áreas aptas para este uso. El resto se usa - para fines pecuarios.

Los cultivos habituales son el maíz, frijol, chile, sandía, aguacate, caña de azúcar, cítricos, hortalizas, frutales y forrajes, principalmente mediante la explotación de aguas subterráneas y en muy pequeña escala con aguas superficiales.

En el aspecto pecuario se cuenta con aproximadamente 7,000 bovinos, 800 porcinos, 200 ovinos, 3000 caprinos, 2000 aves y 300 colmenas.

#### III.4.2.- DESARROLLO DEL SECTOR INDUSTRIAL.

El desarrollo industrial en la Ciudad de La Paz, es limitado, no - obstante la existencia de recursos naturales de gran dimensión, muchos de los cuales podrían ser industrializados localmente, sin embargo, debido a las limitantes de transporte, infraestructura, mercado local y - la carencia de una estructura fiscal financiera que apoye y estimule -- las inversiones en este sector, constituye una actividad de poca relevancia en la economía de esta Ciudad, concretándose en una industria de mediana y pequeña escala, predominando la industria de la transformación, mencionándose: una fábrica de colchones, empacadoras de productos marinos, molino harinero, embotelladoras de refrescos, pasteurizadora, - aceites comestibles, hielo, bloques y tubos de cemento, astilleros y varaderos, curtidurías, etc., asimismo, existen industrias de carácter ex



tractivo: explotación de roca fosfórica, salinas y canteras para la --- construcción.

El sector industrial en el Valle de Santiago se concreta a la manu factura de productos de cuero, elaboración de dulces con frutas regiona les y la fabricación de artículos de madera; esta actividad se realiza a nivel de artesanía familiar, constituyendo un renglón de poca impor-- tancia en la economía de esta zona.

#### III.4.3.- DESARROLLO DEL SECTOR COMERCIO Y SERVICIOS.

La actividad comercial es fundamental para la Ciudad de La Paz, de bido al impulso y apoyo indispensable para el funcionamiento de otras - actividades.

El carácter de "zona libre" que presenta esta entidad ha sido afec tada por las fluctuaciones de la moneda y por la presente coyuntura eco nómica que enfrenta nuestro País, requiriéndose más compras nacionales, restringiendo las importaciones a artículos indispensables y que no se fabriquen en México. Este cambio se está realizando gradualmente, salvo aquellas empresas comerciales que dependían totalmente de importacio nes "prescindibles", el resto de los establecimientos, con algunos cambios, operan normalmente.

Referente al sector turístico, se observa que representa la princi pal actividad económica, generador de un efecto multiplicador de los -- sectores comunicaciones y transportes, comercio y servicios colaterales. Actualmente se dispone de una infraestructura de 1,732 habitaciones, -- constituyendo un total de 41 hoteles de diferentes categorías.

Para el Valle de Santiago este sector ocupa el segundo lugar en im portancia en el desarrollo regional, dando ocupación a aproximadamente al 30% de la población económicamente activa, predominando las activida des de comercio en establecimientos, restaurantes, expendio de gas, gasolineras, farmacias, depósitos de cerveza, cantinas, hoteles, etc. -- Asimismo, este concepto incluye los servicios de correo, telégrafo, telé fono, transporte y los centros de administración pública, estatal y - Municipal.

#### IV. EVALUACION DE LOS SISTEMAS ACTUALES DE ABASTECIMIENTO

##### IV.1.- FUENTES DE ABASTECIMIENTO

El sistema actual de abastecimiento de agua en bloque a la Ciudad de La Paz, proviene en un 100% de la explotación de los mantos acuíferos subterráneos del Valle del mismo nombre, mediante 4 grupos de pozos (Vea se croquis IV.1.).

- El primer grupo está integrado por los pozos 2, 4, 6 y 7 que se localizan dentro del área urbana, alimentando directamente a la red de distribución.

- El segundo grupo lo forman los pozos 8, 9, 10, 11 y 12, que se localizan aproximadamente a 12 Kms. al sur de la Ciudad, en la zona denominada Los Bledales. Estos pozos están conectados al Acueducto No. 1, también conocido como Acueducto "Los Bledales - La Paz".

- El tercer grupo de pozos, localizado aproximadamente a 15 Kms. de la Ciudad, en la misma zona de Los Bledales, está constituido por el Acueducto No. 2, también conocido como Acueducto "Los Bledales - Loma Linda".

- El cuarto grupo de pozos, localizado aproximadamente a 17 Kms. al sur de la Ciudad, está integrado por 8 pozos profundos, del 19 al 26, de los cuales solo operan el 19, 20 y 21 conectados al Acueducto No. 3.

En resumen, la capacidad instalada en los 17 pozos profundos que constituyen la fuente de abastecimiento de la ciudad de La Paz, es de 569.63 l.p.s., que pueden producir alrededor de  $18 \text{ MM}^3$ /año, si se bombea durante las 24 horas con una eficiencia del 100%. En el cuadro IV.1. se observa la capacidad instalada de los pozos de agua potable que abastecen a la Ciudad de La Paz.

**CAPACIDAD INSTALADA DE LOS POZOS DE AGUA POTABLE  
EN LA CIUDAD DE LA PAZ.**

CUADRO IV.1.

<b>No. POZO</b>	<b>GASTO (L.P.S.)</b>	<b>OPERACION (HRS/DIA)</b>	<b>PROFUNDIDAD ( MTS )</b>	<b>DIAM. DE ADEME ( PULG. )</b>
2	20.66	24	96.10	14
4	31.21	24	60.91	14
6	49.65	24	78.00	12
7	30.77	24	111.00	12
8	37.02	24	450.00	14 y 7
9	52.97	24	150.00	14 y 10
10	34.89	24	150.00	14 y 10
11	36.62	24	151.00	14 y 10
12	15.28	24	151.00	16 y 8
14	31.70	24	150.00	14
15	22.04	12	150.00	14
16	41.63	24	150.00	14
17	43.66	24	351.00	14 y 7
18	32.02	24	450.00	14 y 7
19	16.02	24	150.00	14
20	46.43	24	150.00	14
21	27.06	12	150.00	14

Los pozos están perforados a una profundidad media de 182 m. su diámetro de salida es de 8", están equipados con motores eléctricos de 220 Volts. a 1500 r.p.m. y en términos generales se encuentran en buen estado.

**IV.1.1.- CAPACIDAD DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO.**

Respecto a la capacidad de las fuentes de abastecimiento, en el capítulo V.3. de geohidrología, se expresan las características del Valle de La Paz y su problemática. A continuación se muestran en forma sintetizada los principales datos cuantitativos:

#...

Aprovechamientos Hidráulicos para fines agropecuarios...	97 pozos.
Aprovechamientos Hidráulicos para fines urbanos.....	19 pozos.
Aprovechamientos Hidráulicos totales.....	116 pozos.

Recarga media anual = 21 Millones de M<sup>3</sup>.

Extracción para fines agropecuarios.....	12.0 M <sup>3</sup>
Extracción para fines urbanos.....	18.0 M <sup>3</sup>
Extracción total .....	30.0 M <sup>3</sup>
Sobreexplotación .....	9.0 M <sup>3</sup>
Sobreexplotación acumulada 1966 - 1986 .....	140.0 M <sup>3</sup>
Probable almacenamiento original en el acuífero, sobre - el nivel del mar.....	193.0 M <sup>3</sup>
Probable remanente almacenado sobre el nivel del mar....	53.0 M <sup>3</sup>

Según datos de 1982\* dentro del Valle de La Paz existían más de 350 aprovechamientos hidráulicos en explotación, actualmente sólo se explotan 116 debido a una reglamentación del valle, mediante la cual se cancelaron pozos que operaban en forma irregular y se sellaron pozos con más de 2000 mg/l de sólidos disueltos totales. Estos son los primeros pasos que se están dando para conservar el acuífero exclusivamente para uso potable a la ciudad de La Paz.

#### IV.1.2.- CALIDAD DEL AGUA.

En el capítulo V.3. de geohidrología se mencionan las características del acuífero del Valle de La Paz, cuyos datos más sobresalientes son:

Avance anual de la intrusión salina, dato de 1974 = 230 m/año; incremento anual de la salinidad, 1977 = 1982, 60 a 150 p.p.m.

La calidad del agua en el sistema La Paz Agua Potable carece del más mínimo control y no cuentan con sistema de cloración. En los cuadros IV.2 y IV.3. se muestran resultados de algunos análisis practicados

---

\* SARH (1982) "Condiciones geohidrológicas de los Valles de La Paz - Carrizal. In forma preliminar sintetizado.

**RESULTADOS DE LOS ANALISIS FISICO QUIMICOS DEL SISTEMA LA PAZ, AGUA POTABLE**

**CUADRO No. IV.2.**

PARAMETROS	VALOR DE NORMA	POZO DE ABASTECIMIENTO NUMERO														
		2	4	6	7	8	9	10	11	12	14	15	16	17	18	
P.H.	6-8	7.13	7.27	7.18	7.13	7.21	7.27	7.21	7.25	7.34	7.35	7.36	7.33	7.44	7.82	
SOLIDOS DISUELTOS TOTALES ( P.P.M.)	1000	494	490	697	350	479	455	520	438	765	694	502	504	515	378	
COND. ELECTR. (MMHOS/CM)		790	740	1160	530	680	650	740	610	1190	1050	720	720	810	590	
ALCALINIDAD TOTAL ( PPM $CO_3$ ).	400	150	160	140	120	190	190	220	200	250	240	190	210	160	160	
DUREZA TOTAL (PPM COMO $CaCO_3$ ).	300	250	180	380*	140	230	240	260	240	310*	260	230	240	300	230	
DUREZA DE CALCIO (PPM COMO $CaCO_3$ ).	175	120	100	210*	90	130	130	140	120	160	150	160	170	190*	110	
DUREZA DEL MAGNESIO (PPM - COMO $CaCO_3$ ).	125	130*	80	170*	50	100	110	120	120	150*	110	70	70	110	120	
CLORUROS (PPM COMO CL)	250	177	149	284*	92	120	106	128	99	241	206	142	120	163	98	
SULFATOS (PPM COMO $SO_4$ )	250	0	0	38	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
FECHA DE MUESTREO		12 DE ABRIL DE 1985														

**NOTAS:** Este cuadro fué elaborado a partir de análisis Fisico-químicos en función de agua para riego, por lo que falta considerar otros parámetros.

- En términos generales se cuenta con agua de buena calidad (apta para consumo humano). Se recomienda analizar periódicamente estas fuentes de abastecimiento, ya que algunos parámetros son ligeramente superiores a la norma (\*).

RESULTADOS DE LOS ANALISIS BACTERIOLOGICOS DEL SISTEMA  
LA PAZ, AGUA POTABLE

CUADRO IV.3.

ESTACION	COLIFORMES TOTA- LES POR 100 ML.		COLIFORMES FECA LES POR 100 ML.		ESTREPTO- COCOS FE- CALES POR 100 ML. ( 1 )
	( 1 )	( 2 )	( 1 )	( 2 )	
POZO No. 2	.-	31	.-	31	.-
POZO No. 4	<2	<2	<2	<2	<1
POZO No. 6	<2	<2	<2	<2	<1
POZO No. 7	.-	<2	.-	<2	.-
POZO No. 8	.-	540	.-	540	.-
POZO No. 9	<2	<2	<2	<2	<1
POZO No. 10	.-	13	.-	13	.-
POZO No. 11	<2	<2	<2	<2	<1
POZO No. 12	.-	2	.-	2	.-
POZO No. 14	.-	<2	.-	<2	.-
POZO No. 15	<2	<2	<2	<2	<1
POZO No. 16	.-	<2	.-	<2	.-
POZO No. 17	<2	<2	<2	<2	<1
POZO No. 18	<2	.-	<2	.-	<1
T. LOMA LINDA I	.-	23	.-	23	.-
T. LOMA LINDA II	.-	23	.-	23	.-
T. COLINA DE LA CRUZ	.-	350	.-	350	.-
T. MORELOS Y CHIAPAS	.-	<2	.-	<2	.-
D. COL. FOVISSSTE	<2	.-	<2	.-	<1
D.I. LA CATOLICA Y EN- CINAS.	<2	.-	<2	.-	<1
D. MALECON Y MUELLE	7	.-	3	.-	<1
D. L. PELAES Y JAIME BRAVO.	240	.-	240	.-	26

NOTAS: La muestra del Pozo No. 8 se tomó de un tinaco  
para uso doméstico.

- (1) Fecha de muestreo, Julio 4 de 1985

(2) Fecha de muestreo, Septiembre 5 de 1985.

P = POZO

T = TANQUE

D = DOMICILIARIA.

a las captaciones de este sistema.

Según las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, - en caso de agua no tratada que se introduzca en la red de distribución, - se propone repetir los análisis normales a los intervalos máximos siguientes:

POBLACION (No. DE HABITANTES)	INTERVALO MAXIMO ENTRE TOMAS SUCESIVAS.
Hasta 20,000	1 Mes
De 20,001 a 50,000	2 Semanas
De 50,001 a 100,000	4 Días
Más de 100,000	1 Día

Para muestras tomadas en la red de distribución tanto si el agua se ha tratado previamente como si no, se propone recogerla como sigue:

POBLACION (No. DE HABITANTES)	INTERVALOS MAXIMOS E/TOMAS SUCESIVAS.	MINIMO DE MUESTRAS A TOMAR EN LA RED - DE DISTRIBUCION.
Hasta 20,000	1 Mes	1 Muestra/mes/5,000 Hab
De 20,001 a 50,000	2 Semanas	1 Muestra/mes/5,000 Hab
De 50,001 a 100,000	4 Días	1 Muestra/mes/5,000 Hab
Más de 100,000	1 Día	1 Muestra/mes/5,000 Hab

De las citadas recomendaciones se infiere que para la Ciudad de La Paz, con 135,341 habitantes, se deberían tener análisis diarios de las - agua de cada una de las fuentes de origen, además de las muestras tomadas en la red de distribución.

#### IV.2. CONDUCCION

El Acueducto No. 1, "Los Bledales - La Paz", se inicia en el pozo - No. 11 y se le conectan los pozos Nos. 10, 9, 8 y 12, descargando en el tanque superficial de las calles Morelos y Chiapas. Este acueducto re--

quiere únicamente del bombeo de los pozos. Las características se detallan a continuación en el Cuadro IV.4. y en forma esquemática en el croquis IV.1.

**ACUEDUCTO No. 1. "LOS BLEDALES - LA PAZ"**

**CUADRO No. IV.4.**

Ø (PULG.)	CLASE	LONGITUD ( MTS. )	DESARROLLO ( Km. )	OBSERVACIONES
-	-	-	0+000	Pozo No. 11
10	A-5	660	0+660	
12	A-5	420	1+080	Pozo No. 10
14	A-5	1,217	2+297	Pozo No. 9
16	A-5	923	3+320	Pozo No. 8
18	A-5	1,100	4+320	Pozo No. 12
18	A-7	6,630	10+950	Entrada a la Cd.
20	A-5	2,270	13+220	Entrega en tanque sup. Morelos y --- Chiapas.
		13,320		

El Acueducto No. 2, "Los Bledales - Loma Linda", se inicia en el pozo No. 18 y se le conectan los pozos, 17, 16, 15 y 14. Para la operación de este acueducto se requiere de bombeo desde el pozo No. 18 hasta una caja colectora con capacidad de 30 M<sup>3</sup>, a la cual se le conectan los pozos 17, 16 y 15. A 1,020 mts. adelante de la caja colectora se conecta directamente a la conducción el pozo No. 14.

A partir de la caja colectora, el sistema es por gravedad hasta un sitio dentro de la Ciudad y cerca del arroyo "El Cajoncito", donde es bombeado hasta los tanques superficiales de la Colonia Loma Linda (Ver croquis IV.1.). A continuación se detallan las características de esta conducción ( Cuadro IV.5. ).

Continúa en la siguiente hoja.



## ACUEDUCTO No. 2 "LOS BLEDALES - LOMA LINDA"

CUADRO IV.5.

Ø (PULG)	CLASE	LONGITUD ( MTS )	DESARROLLO ( Km. )	OBSERVACIONES
-	-	-	0+000	Pozo No. 18
10	A-10	2,250	2+250	
10	A-7	747	2+297	Pozo No. 17
14	A-7	1,886	4+883	Pozo No. 16
16	A-5	1,885	6+768	Caja Colectora y Pozo No. 15
18	A-5	1,020	7+788	Pozo No. 14.
20	A-5	6,590	14+378	
18	A-5	2,815	17+193	Rebombeo
20	A-10	740	17+933	
20	A-7	1,815	19+748	Entrega a tanques superf. Loma Linda I y II.

El acueducto No. 3 se inicia en el pozo No. 26 y se le conectan los pozos 25, 24, 23, 22, 21, 20 y 19. Actualmente solo operan los pozos 19, 20 y 21. Los pozos 20 y 21 bombean a una caja colectora de 75 M3 de capacidad y a partir de ese punto la conducción es por gravedad. El pozo No. 19 bombea directamente a la línea en la etapa de gravedad.

## ACUEDUCTO No. 3

CUADRO IV.6

Ø (PULG)	CLASE	LONGITUD ( MTS ).	DESARROLLO ( KM. )	OBSERVACIONES
-	-	-	10+200	Pozo No. 26
10	A-10	1,400	8+800	Pozo No. 25
14	A-10	1,535	7+265	Pozo No. 24
16	A-10	1,550	5+715	Pozo No. 23
18	A-10	1,484	4+231	Pozo No. 22
20	A-7	1,671	2+560	Pozo No. 21
24	A-5	1,410	1+150	Pozo No. 20
24	A-5	1,150	0+000	Caja Colectora

A partir de la caja colectora se cuenta con 10,500 de tubería de -- asbesto cemento de 24" hasta donde se construirá el tanque de la cruz de piedra. Provisionalmente se interconectó este acueducto directamente a la red de distribución que abastece el centro de la Ciudad.

En cuanto a los pozos localizados en la zona urbana, de hecho y de acuerdo al proyecto deberían estar conectados a los acueductos pero la -- realidad es que están conectados directamente a la red de distribución, -- lo que ocasiona un desequilibrio, ya que algunos sectores no disponen de vital líquido en horas de máxima demanda y otros tienen presiones supe-- riores a las establecidas motivando la ruptura de algunas instalaciones de mala calidad o muy antiguas.

#### IV.3. REGULARIZACION Y ALMACENAMIENTO

La regularización y almacenamiento del agua potable se efectúa me-- diante cuatro tanques, existiendo un quinto tanque que nunca se ha usa-- do. A continuación en el cuadro IV.7. se mencionan los tanques por or-- den de antigüedad.

#### TANQUES DE REGULARIZACION Y ALMACENAMIENTO

CUADRO IV.7.

No.	LOCALIZACION	CAPACI- DAD M3.	SIRVE A :
1	Colina de la Cruz	2,500	Zona Norte y Acueducto que -- va a Pichilingue.
2	Loma Linda I	500	Zona alta de la Ciudad, reci-- be excedentes del Acueducto No. 2.
3	Morelos y Chiapas	3,000	Regularización.
4	Col. Benito Juárez	500	Nunca ha sido usado.
5	Loma Linda II	2,500	Zona más alta. Interconecta-- do con el tanque Loma Linda I.

El tanque de la Colina de La Cruz está construido de concreto refor-- zado y todos los demás de mampostería de piedra braza y concreto reforza--

do. Salvo pequeñas fugas que se pueden corregir, se puede decir que los tanques están en buen estado.

El tanque del Cerro Atravesado (Col. Benito Juárez) se construyó -- después del Ciclón Liza, pero nunca se ha usado, debido a que no hay presión suficiente en el acueducto No. 2. Actualmente este tanque está desmantelado.

#### IV.4. SISTEMA DE DISTRIBUCION

La Ciudad de La Paz se extiende sobre una superficie de topografía irregular de aproximadamente 18 Km<sup>2</sup>. La red de agua potable cubre cerca del 85% del área de la Ciudad; sin embargo, en más del 20% del área de la Ciudad la red está incompleta motivando las llamadas "juntas jaladas" hechas con materiales de mala calidad y longitudes que alcanzan hasta -- los 50 mts. provocando importantes fugas.

El número de tomas instaladas hasta el 30 de Abril de 1986 es el siguiente:

Tomas de uso doméstico (1/2").....	23,484
Tomas de uso comercial (3/4").....	1,070
Tomas de uso industrial (1" ).....	133

Además existe un número no determinado de tomas de servicio público.

##### IV.4.1.- ESTADO GENERAL DE LA RED DE DISTRIBUCION.

Existe un consenso entre las diversas autoridades de la necesidad de restaurar y complementar la red de distribución, pues su estado es deficiente por obsolescencia y por serios defectos en la instalación de -- válvulas y de tomas domiciliarias, así como por un cubrimiento inadecuado de la red, lo que propicia la ocurrencia de fugas.

Actualmente se está llevando a cabo un proyecto integral de todo el

sistema, sólo que los trabajos son muy lentos debido a las diferentes reducciones presupuestarias de los últimos años.

#### IV.5. SISTEMA DE ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

El sistema de alcantarillado municipal cubre aproximadamente el 70% del área de la Ciudad, pero sólo dá servicio al 60% de la población fija más la flotante.

Hasta el 30 de Abril de 1986 existían en la Ciudad 13,798 descargas domésticas de drenaje, 1,065 comerciales y 132 industriales, lo que hace un total de 14,995 descargas de drenaje.

Este sistema consta de un emisor que recibe las aguas negras de los colectores Abasolo y Las Garzas, que a su vez captan las aguas de toda la población servida mediante los colectores: Alvaro Obregón, 5 de Febrero, Veracruz, Isabel la Católica, 8 de Octubre, etc.

Existen también dentro de este sistema tres cárcamos de bombeo: El No. 3 capta las aguas residuales de la parte baja del barrio "El Esterito" y de ahí se bombea al inicio del colector A. Obregón; el No. 1 capta las aguas del colector A. Obregón y del barrio "El Manglito" y de ahí se bombea hasta donde principia el colector Abasolo y por último el cárcamo de bombeo No. 2 capta todo el sistema La Paz-Aguas Negras y de ahí se bombea a las plantas de tratamiento.

El sistema de tratamiento de las aguas residuales consiste de: dos tanques Imhoff en paralelo, cuatro lagunas de estabilización en serie y una planta de lodos activados.

##### IV.5.1.- PROBLEMÁTICA.

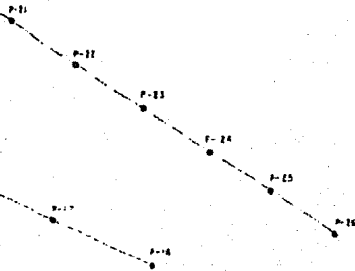
Dado el fuerte crecimiento de la población, los nuevos asentamientos carentes de servicios, hacen evacuaciones provisionales de sus aguas usadas mediante pozos negros, fosas sépticas, letrinas, directo al mar, etc. Al abarcar el sistema de alcantarillado esas zonas, algunos de es-

tos nuevos asentamientos no se conectan al sistema y otros se conectan a partir de las fosas sépticas, provocando que gran parte de su dotación -- no regrese al sistema de saneamiento.

Este sistema no fué proyectado para captar aguas pluviales, lo que provoca que en épocas de lluvia, parte del agua precipitada se infiltre a la red, generando costosos gastos de mantenimiento, al rehabilitar pozos de visita y ductos deteriorados.

Actualmente, se está rehabilitando en forma integral el sistema, -- con lo cual se solucionará en gran parte estos problemas.

TECNA

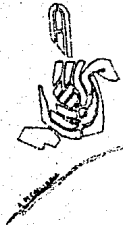


TANQUE  
LOMA  
1200

TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
"MOQUELOS CHAPALA"  
1200 m<sup>3</sup>

CARGAMO DE REDONDES  
EN LA ABRA PORTABLE

TANQUE DE ALMACENAMIENTO  
"COLUMA DE LA CRUZ"  
2,300 m<sup>3</sup>



SIMBOLOGIA

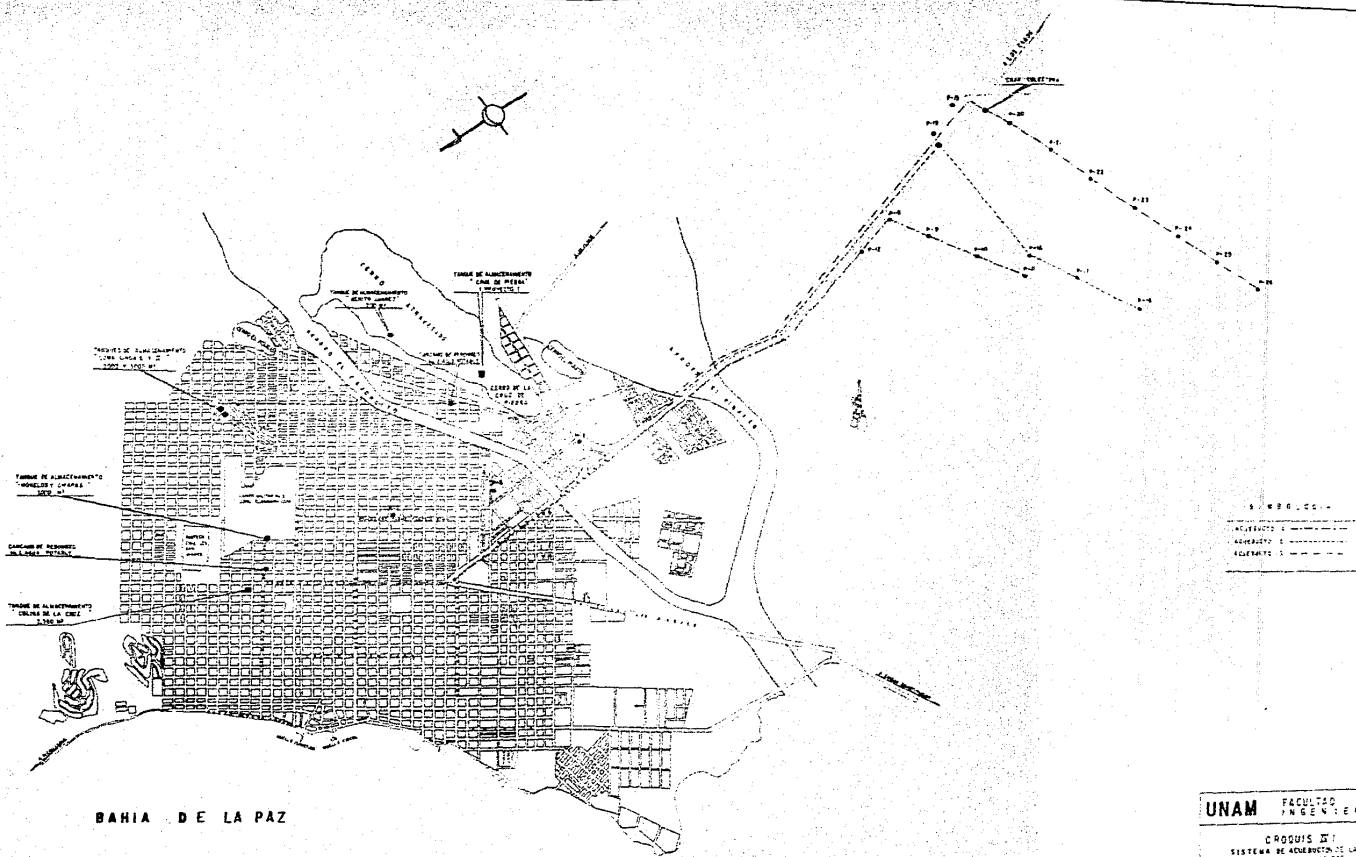
ACUEDUCTO 1	-----
ACUEDUCTO 2	-----
ACUEDUCTO 3	-----

B

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

CROQUIS N° 1  
SISTEMA DE ACUEDUCTOS DE LA  
CIUDAD DE LA PAZ ACS

BAHIA DE LA PAZ



UNAM FACULTAD DE INGENIERIA  
CROQUIS N° 1  
SISTEMA DE ALBARRANES DE LA CIUDAD DE LA PAZ B.C.S.  
Escala: 1:10000  
Elaborado por: [Illegible]

## V. IDENTIFICACION DE LAS FUENTES DE ABASTECIMIENTO

### V.1. DOTACION Y CONSUMO

#### V.1.1.- DOTACIONES ACTUALES.

Del cuadro IV.1. se observa que la capacidad instalada en el sistema La paz Agua Potable, es de 569.63 l.p.s., pero debido a que los Pozos 15 y 21 solo operan 12 hrs/día y que en forma alternada dejan de operar los equipos de bombeo durante 15 ó 30 días/año para mantenimiento, el --gasto medio anual suministrado a la Ciudad es de 517.83 l.p.s., lo que --dá una dotación de 330.58 lts/hab/día, tomando en cuenta que la pobla---ción actual es de 135,341 habitantes.

En la Ciudad de La Paz, como en otras Ciudades con veranos cálidos, sus habitantes han desarrollado una solución ecológica para reducir la --incorformidad producida por el calor. La solución es tener habitaciones ventiladas, rodeadas de árboles frondosos para evitar la insolación y --además es necesario "regar" los jardines, el piso de arena de calles, --banquetas y patios. Con ésto se logra un microclima más fresco y se evi--tan las tolveneras.

Además de los desperdicios, fugas y aportaciones a los sectores: tu--rístico, público e industrial, ésta es la razón mas convincente que en--contramos del alto consumo de agua en la Ciudad, consumo que como se ob--serva tiende a bajar, ya que los nuevos asentamientos humanos se ubican en lotes más pequeños y por ende con menos área arbórea, que representa menos consumo de agua.

#### V.1.2.- DOTACION DE PROYECTO.

Para la determinación de la dotación de proyecto, se procedió a in--vestigar las dotaciones propuestas en bibliografías al respecto y se en--



contró que en la mayoría de los casos, sólo se considera la dotación en base a la magnitud de la población y el clima, y que en general no se apegan a las necesidades de esta ciudad. Por ejemplo, de acuerdo a la extinta Dirección de Usos del Agua y Prevención de la Contaminación (1975), a esta Ciudad le corresponde una dotación de 275 lts/hab/día, que en apreciación personal y de acuerdo al inciso anterior, considero que queda un poco baja para las necesidades de esta Ciudad.

Analizando lo anterior, se determinó el valor de la dotación de acuerdo al criterio utilizado por la Dirección General de Captaciones y Conducciones de Agua, ya que se puede adecuar a las necesidades de todo tipo: doméstico, comercial, público, industrial y turístico; además se considera las fugas y desperdicios, así como los ajustes por clima y magnitud del centro de población, tal y como se observa en el Cuadro V.1. de determinación de la dotación suficiente.

#### DETERMINACION DE LA DOTACION SUFICIENTE

CUADRO V.1.

CONCEPTO	l/h/d.
1.- Uso doméstico ( consumo base )	100.0
2.- Uso comercial (0.25 x c.b.)	25.0
3.- Uso público (0.30 x c.b.)	30.0
4.- Uso industrial y turístico (0.35 x c.b.)	35.0
5.- Dotación teórica (1+2+3+4)	190.0
6.- Fugas y desperdicios (0.25 d.t.)	47.5
7.- Dotación normal (5+6)	237.5
8.- Ajuste por clima (0.35 x c.b.)	35.0
9.- Dotación suficiente (7+8+9)	302.5

Para efectos del presente estudio se consideró una dotación de proyecto de 300 lts/hab/día.

#...

V.1.3. CONSUMO

V.1.3.1.- VALLE DE SANTIAGO.

En este subcapítulo se analizará el consumo actual y futuro de agua en el Valle de Santiago, a fin de demostrar que con la construcción del Acueducto "Santiago-La Paz", no se frenará el desarrollo urbano ni agropecuario de esa zona.

a).- DEMANDA ACTUAL DE AGUA.

El consumo actual de agua para fines domésticos en el Valle de Santiago es del orden de los 0.36  $\overline{\text{MM}}^3/\text{año}$ , tal y como se muestra en el Cuadro V.2.

CONSUMO DE AGUA POTABLE EN EL VALLE DE SANTIAGO, B.C.S.

CUADRO V.2.

LOCALIDAD	VOLUMEN ANUAL ( $\overline{\text{M}}^3$ )	Q L.P.S	POBLACION SERVIDA	DOTACION L/H/D.
Santiago	126,391	4.01	1,162	298
La Ribera	117,083	3.71	1,175	273
Otras localida des.	118,081	3.74	1,870	173
<b>TOTALES:</b>	<b>361,555</b>	<b>11.46</b>	<b>4,207</b>	<b>235</b>

En atención a la demanda de agua para consumo agrícola se estimó en base a la superficie de los cultivos practicados y a la lámina de riego que se requiere en los mismos, obteniéndose un consumo anual de 6.4  $\overline{\text{MM}}^3$ , como se puede apreciar en el Cuadro V.3.

Continúa en la siguiente hoja..

## DEMANDA TOTAL DE AGUA PARA FINES AGRICOLAS

CUADRO V.3.

CULTIVOS	SUP. SEMBRA- DA ( Ha. )	LAMINA TOTAL DE RIEGO POR Ha.	VOLUMEN TOTAL ANUAL EN M3.
Forrajes	50-00	150 cm.	750,000
Frutales	191-00	90	1'719,000
Maíz	254-00	50	1'270,000
Frijol	211-00	40	844,000
Chile	12-00	90	108,000
Sandía	6-00	75	45,000
Aguacate	60-00	130	780,000
Caña	10-00	150	270,000
Cítricos	120-00	80	960,000
Hortalizas	16-00	80	128,000
	<u>938-00</u>	<u>73.28</u>	<u>6'874,000 M3.</u>

## b).- DEMANDA ACTUAL DE AGUA.

En este aspecto se toman en consideración las proyecciones de población realizadas a nivel de cuenca geohidrológica, teniendo como horizonte el año 2,020; tomando en cuenta las proyecciones analizadas en el capítulo III.1.4. de proyecciones de población.

A fin de garantizar la oferta de agua a la población futura se escoge la cantidad más alta de los valores obtenidos, siendo éste el que estima una población de 21,496 habitantes en toda la zona para el año 2,020 a la cual se le fija una dotación de 200 lta/hab/día, de acuerdo al criterio de la dotación suficiente mostrada en el Cuadro V.4.

Continúa en la siguiente hoja..

**DOTACION PROPUESTA PARA LA POBLACION DEL VALLE DE SANTIAGO, B.C.S.**  
**CUADRO V.4.**

C O N C E P T O	l/h/d.
1.- Uso doméstico (consumo base)	70.0
2.- Uso comercial (0.15 x c.b.)	10.5
3.- Uso público (0.25 x c.b.)	17.5
4.- Uso industrial y turístico (0.25 x c.b.)	17.5
5.- Dotación teórica (1+2+3+4)	115.5
6.- Fugas y desperdicios (0.25 x d.t.)	28.9
7.- Dotación normal (5+6)	144.4
8.- Ajuste por clima (0.35 x c.b.)	24.5
9.- Por magnitud de población (0.20 x c.b.)	14.0
10.- Dotación suficiente (7+8+9)	182.9

Considerando 200 lts/hab/día, para el año 2,020, se requerirán 1.57  $\overline{\text{MM}}^3$  de agua potable para uso doméstico y urbano.

En el aspecto agrícola, tal y como se muestra en el Cuadro V.3., actualmente se requieren 6,87  $\overline{\text{MM}}^3$  de agua para riego. En virtud del carácter imprevisible de este sector, se supondrá que para el año 2,020 se incrementará en un 85% la demanda, por lo que las necesidades serán de - 12.71  $\overline{\text{MM}}^3$  de agua.

Cabe mencionar que dadas las condiciones de la zona existen pocas - posibilidades de abrir nuevas áreas al cultivo y que con la tecnifica--- ción del riego el consumo de agua tiende a reducirse.

Resumiendo lo anterior, para el año 2,020 se requerirán 14.28  $\overline{\text{MM}}^3$  - de agua para uso urbano y agrícola en el Valle de Santiago y suponiendo que para ese año aún esté funcionando el acueducto Santiago-La Paz con -

12.7  $\overline{\text{MM}}^3/\text{año}$ , se tendría un equilibrio en el balance hidráulico de esa cuenca, ya que como se especifica en el capítulo V.3. de geohidrología - existe una recarga del orden de los 27  $\overline{\text{MM}}^3/\text{año}$ .

#### V.1.3.2.- CIUDAD DE LA PAZ.

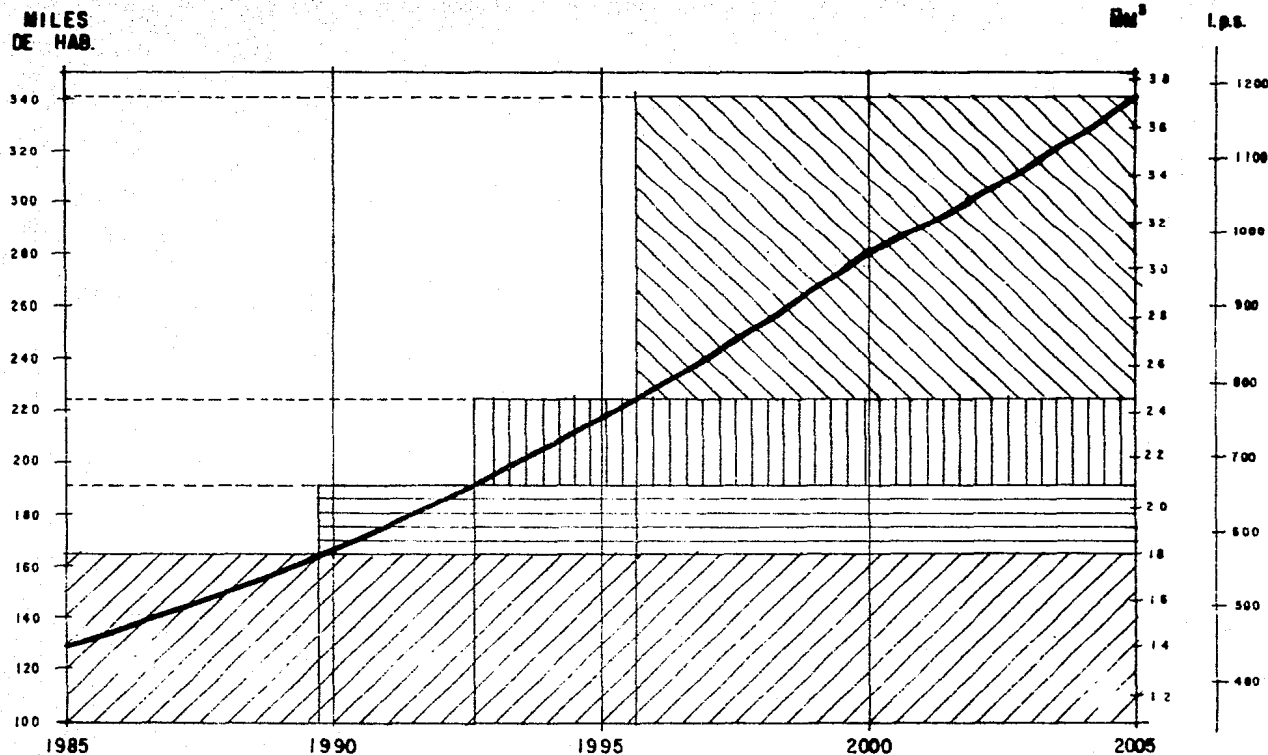
Tal y como se consideró en el capítulo III de demografía, consideramos una tasa de crecimiento del 5.33% anual hasta el año 2,000 y del 4% para después de este año, y como se especificó en el subcapítulo anterior de dotación de proyecto, la dotación para esta Ciudad será de 300 - lts/hab/día.

Tomando en cuenta lo anterior, el consumo de agua hasta el año 2,005 se considerará tal y como se especifica en el Cuadro V.5. de proyección del consumo de agua potable para la Ciudad de La Paz, B.C.S.

PROYECCION DEL CONSUMO DE AGUA POTABLE DE LA CIUDAD DE LA PAZ, BA  
JA CALIFORNIA SUR  
CUADRO V.5.

AÑO	PROYECCIONES DE POBLACION.	Q L.P.S.	DOTACION TEORICA DE AGUA POTABLE	
			DIARIA (MILES M3 )	ANUAL ( MILL. M3. )
1985	128,492	446.2	38.55	14.07
1986	135,341	469.9	40.60	14.82
1987	142,554	495.0	42.77	15.61
1988	150,152	521.4	45.05	16.44
1989	158,156	549.2	47.45	17.32
1990	166,585	578.4	49.98	18.24
1991	175,464	609.3	52.64	19.21
1992	184,816	641.7	55.44	20.24
1993	194,667	675.9	58.40	21.32
1994	205,043	712.0	61.51	22.45
1995	215,972	749.9	64.79	23.65
1996	227,483	789.9	68.24	24.91
1997	239,608	832.0	71.88	26.24
1998	252,379	876.3	75.71	27.64
1999	265,831	923.0	79.75	29.11
2000	280,000	972.2	84.00	30.66
2001	291,200	1,011.1	87.36	31.89
2002	302,848	1,051.6	90.85	33.16
2003	314,962	1,093.6	94.49	34.49
2004	327,560	1,137.4	98.27	35.87
2005	340,663	1,182.9	102.20	37.30

# OFERTA - DEMANDA DE AGUA POTABLE PARA LA CD. DE LA PAZ, B.C.S. DE ACUERDO AL PRESENTE ESTUDIO



CAPACIDAD INSTALADA DE ACUERDO A LA INFRAESTRUCTURA ACTUAL

CAPACIDAD DEL ACUÍFERO DEL VALLE DE LA PAZ.



APORTACION DEL ACUEDUCTO "EL CARRIZAL - LA PAZ"

APORTACION DEL ACUEDUCTO "SANTIAGO - LA PAZ"

## V.2. HIDROLOGIA

Baja California Sur es una de las Entidades del País con menor potencial hidráulico por estar ubicada en la porción mas árida; sus recursos superficiales son prácticamente nulos, sin embargo se presentan en la zona derramas periódicas de agua al mar, lluvias de relativa magnitud en lo alto de la sierra, condiciones de humedad continua en ésta y ciclones que incluso han llegado a causar daños de inundación. Todo ésto origina que cantidades reducidas pero no despreciables de agua circulen, aunque esporádicamente, por la superficie de esta zona.

### V.2.1.- HIDROGRAFIA.

Las zonas en estudio\* pertenecen a la región hidrológica No. 6 denominada Baja California Sureste (La Paz) que drena hacia el Golfo de California.

Los principales arroyos dentro de la cuenca del Valle de La Paz son el de La Paz y El Datilar y reciben aportaciones de los arroyos de El Cajoncito, El Piojillo, San Pedro, La Palma y El Novillo, entre otros.

Referente a la zona de Santiago el arroyo principal es el de Santiago, que recibe aportaciones de los arroyos San Dionisio, San Jorge y Agua Caliente, todos por la margen izquierda.

### V.2.2.- HIDROMETRIA.

En este aspecto la información es muy pobre; solo se cuenta con la información hidrométrica del período Julio-Octubre de 1981 de la estación El Cajoncito, ubicada en el arroyo El Cajoncito.

Area de la cuenca = 75 Km<sup>2</sup>.  
 Volúmen escurrido = 6,000 M<sup>3</sup>.  
 Gasto máximo = 163 M<sup>3</sup>/seg.

---

\* La Paz y Santiago.

### V.2.3.- ESCURRIMIENTO Y EVAPOTRANSPIRACION.

De acuerdo a un estudio realizado por la Delegación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en el Estado, el coeficiente de escurrimiento calculado cuando se presentan precipitaciones normales varía desde 7% para una cuenca de área pequeña (30 Km<sup>2</sup>) y hasta menos del 1% para cuencas más grandes.

Esto comprueba que el agua en su recorrido desde la parte alta de la cuenca hasta llegar al mar se va percolando en las partes donde encuentra espesores fuertes de arena.

El porcentaje de la precipitación normal (no precipitaciones causadas por tormentas) que llega al mar, es del orden del 1%.

En las muestras del agua que se tomaron de los escurrimientos, se encuentran volúmenes de sedimentos muy altos, del orden del 10% del volumen escurrido y se estima en un 25% cuando se presentan precipitaciones causadas por una tormenta tropical.

Respecto a la evapotranspiración no se tienen datos y por experiencias obtenidas en otros lugares de características semejantes, se deben considerar pérdidas por evapotranspiración de la cubierta vegetal natural en el tiempo de lluvias del orden de los 5 mm. diarios.

Lo anterior llevar a que los volúmenes precipitados en lluvias normales se dividen con los siguientes porcentajes.

Pérdidas por evapotranspiración de 90 a 100%.

Recarga del 0 al 10%

Escurrecimiento al mar del 0 al 2%.

Los volúmenes precipitados con tormentas extraordinarias se dividen de la siguiente manera:

Pérdidas por evapotranspiración del 50 al 80%

Recarga del 10 al 20%.



Escorrentamiento al mar del 10 al 30%.

### V.3. GEOHIDROLOGIA

#### V.3.1.- VALLES DE LA PAZ Y EL CARRIZAL.

Se localizan en la región hidrológica No. 6 y comprenden una superficie aproximada de 2,000 Km<sup>2</sup>., en donde tiene asiento la Ciudad de La Paz.

Estos valles ocupan una antigua depresión que tuvo su origen en movimientos tectónicos y que se rellenó con material granular producto de la desintegración de las rocas que actualmente lo limitan hacia el Este y Oeste. Y aún cuando superficialmente el Valle de La Paz drena al Golfo de California y el de El Carrizal hacia el Océano Pacífico, tienen una comunicación subterránea por la cual los acuíferos de El Carrizal vierten parte de sus aguas al acuífero del Valle de La Paz.

El acuífero del Valle de La Paz es el que ha suministrado agua para el abastecimiento de la Ciudad de La Paz y sus localidades Satélite Chametla y El Centenario, además de suministrar agua para las actividades agropecuarias de esta zona; los Acuíferos del Valle de El Carrizal, considerados en los estudios de 1972 y 1974, como una reserva para el abastecimiento de agua a La Paz, se han concesionado para usos agropecuarios.

Estos Valles han sido estudiados desde el punto de vista geohidrológico desde el año de 1969 en que se inició un trabajo entregado a la extinta SRH. en 1972, posteriormente se estudiaron en 1974 y en 1982.

#### V.3.2.- VALLE DE LA PAZ.

La cuenca geohidrológica de La Paz se localiza en la Región Sur de la Península de Baja California, entre los meridianos 110°6' y 110°28' longitud Oeste y entre los paralelos 23°50' y 24°10' latitud norte; cubriendo una extensión aproximada de 947 Km<sup>2</sup>., con una precipitación me-

dia registrada del orden de los 252.7 mm., anuales y un flujo subterráneo de Sur a Norte.

De acuerdo a los estudios geohidrológicos realizados: En 1972 se estimó una recarga del orden de los 21  $\bar{M}M^3$ , en 1974 la recarga estimada fué de 18  $\bar{M}M^3$  y según el estudio más reciente, realizado en 1982, se estima una recarga aproximada a los 30  $\bar{M}M^3$ . Considerando que este último estudio se efectuó durante una de las épocas más lluviosas que se recuerdan, no podemos considerar este dato como recarga media anual, ya que dificultaría las acciones que se están tomando para el equilibrio en el balance hidráulico del acuífero.

Según el estudio geohidrológico de 1982, en el Valle de La Paz --- existen 350 aprovechamientos hidráulicos, que en conjunto extraen 37 ---  $\bar{M}M^3$ /año y que provocan una sobreexplotación que abate los niveles a razón de 0.35 M/año. A consecuencia de dicha sobreexplotación gran número de pozos, incluyendo algunos que abastecían a la Ciudad de La Paz, --- han sido inutilizados, ya que ha aumentado considerablemente el contenido de sales en sus aguas debido al avance de la intrusión salina, que en 1974, era de 230 m/año. Además menciona que las aguas subterráneas en un 80% de los aprovechamientos, pertenecen a la familia sódico clorurada: Conteniendo sólidos totales disueltos entre 800 y 1500 p.p.m., --- llegando a alcanzar valores de 8,000 p.p.m., sin llegar a reflejar en forma definitiva agua de origen marino. La evolución en la calidad del agua de 1977 a 1982 refleja un decremento de la misma del orden de 60 a 150 ppm/año, siendo la zona del Ejido el Centenario la más afectada, --- mientras que la zona de los Bledales mantiene una calidad casi constante por lo cual se considera que ésta y la porción Sur de la misma deben reservarse para uso urbano. (Vease cap. IV.1.2.).

Cabe mencionar que actualmente en este Valle solo existen 116 aprovechamientos hidráulicos en explotación, los cuales extraen aproximadamente 35.5  $\bar{M}M^3$ /año. (Vease capítulo IV.1.1.).

En un estudio realizado por la S.A.R.H., se hace un análisis de --- los estudios geohidrológicos realizados en este Valle, tomando en cuen-

ta las precipitaciones desde 1927 hasta 1975 y se llegó a la conclusión de que la recarga media anual para el acuífero del Valle de La Paz es - del orden de los 21  $\overline{\text{MM}}^3$ .

En este mismo estudio se estimó el almacenamiento explotable probable para el acuífero, considerando que por cada metro de agua dulce sobre el nivel del mar, se tiene por debajo otros 40 m. de agua dulce --- susceptibles de ser explotados. Para efectuar esta estimación calcularon el volúmen total del acuífero 38,600  $\overline{\text{MM}}^3$ , y de acuerdo a los coeficientes de almacenamiento deducidos de los estudios geohidrológicos realizados, se elaboró el siguiente cuadro.

ALMACENAMIENTO EXPLOTABLE PROBABLE DEL ACUÍFERO DE LA PAZ

CUADRO V.6.

AÑO DE ESTUDIO	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO.	ALMACENAMIENTO EXPLOTABLE PROBABLE (MILLONES DE M3)
1972	0.07	2,702
	0.10	3,860 **
	0.18	6,948
	0.19	7,334 ***
1974	0.043	1,660
	0.046	1,776
	0.12	4,632
	0.128	4,941
1982	0.005	193 *
	0.05	1,930

\* VALOR MINIMO

\*\* VALOR MEDIO

\*\*\* VALOR MAXIMO

Como se puede observar los valores del volúmen almacenado son muy diferentes. Se recomienda, como medida de seguridad, adoptar el valor mínimo de 193 millones de M3. almacenados sobre el nivel medio de mar. El área considerada fué de 428 Km<sup>2</sup>.

La sobreexplotación del acuífero se traduce en una extracción del volúmen almacenado; en 1972 fué de 7  $\overline{\text{MM}}^3$ , para 1974 fué de 8, para 1982 fué de 7.6  $\overline{\text{MM}}^3$ , y actualmente de 14.5  $\overline{\text{MM}}^3$ . Considerando una distribución lineal que se inicia en 1966, el monto acumulado a la fecha es de 140  $\overline{\text{MM}}^3$ . por lo que queda un remanente de 53  $\overline{\text{MM}}^3$ , que al ritmo actual -

de explotación durará 4 años, tiempo suficiente para el programa establecido por la SARH respecto a destinar toda el agua del acuífero para el abastecimiento de la Ciudad de La Paz (VIII.1.3.), intercambiando -- aguas negras tratadas por aguas blancas a quienes utilizan aguas del -- acuífero en actividades agrícolas.

### V.3.3.- VALLE DE SANTIAGO.

La cuenca geohidrológica de Santiago se localiza en la región Sur de la Península de Baja California, entre los meridianos 109°28' y 110°02' longitud Oeste y sobre el paralelo 23°29' de latitud Norte, cubriendo una extensión aproximada de 887 Km<sup>2</sup>.

El acuífero del Arroyo de Santiago está constituido por rellenos -- de tipo aluvial de mediana profundidad y limitados a ambos lados por terrazas graníticas de permeabilidad reducida. Recibe aportes de los -- arroyos de San Dionisio, San Jorge y Agua Caliente, todos por la margen izquierda.

De acuerdo a un estudio realizado en 1974 por la S.R.H., el volumen del acuífero de este Valle es del orden de los 287 M<sup>3</sup>. y el espesor de los materiales saturados es de aproximadamente 88 m.

En este mismo año las extracciones fueron de 4.7 M<sup>3</sup>. y la recarga se estimó en 16.9 M<sup>3</sup>.

El último estudio geohidrológico \* realizado en 1979 por la S.A.R. H., dice que mediante 117 aprovechamientos hidráulicos las extracciones fueron de 8.2 M<sup>3</sup>., además existe un flujo subterráneo que en forma natural descarga aproximadamente 12.2 M<sup>3</sup>. al mar y en la zona costera se pierden 1.3 M<sup>3</sup>. por evapotranspiración lo que nos da un total de 21.7 M<sup>3</sup>.

En este mismo estudio se considera una recarga de 27 M<sup>3</sup>. por lo -- que el volumen disponible es de 18.9 M<sup>3</sup>., considerando los 12.2 M<sup>3</sup>., -- de flujo subterráneo, los 5.4 M<sup>3</sup>. de incremento anual al almacenamiento y el volumen perdido por evapotranspiración.

\* Actualización del estudio geohidrológico del Valle de Santiago, B.C.S., SARH, PIDER. ROASA (1979).

De acuerdo a un modelo de simulación, con el que se estudiaron cuatro alternativas de incremento del bombeo en las partes altas del acuífero se llegó a la conclusión de que es aconsejable un incremento en el bombeo de 500 a 700 l.p.s., en la parte alta del acuífero, con lo que se producirán algunos abatimientos en la zona costera, mismos que posiblemente inutilicen algunos pozos de mediana profundida, pero cuyo gasto podrá reponerse con la extracción proveniente de las partes altas. Es importante que los incrementos en el bombeo se lleven a cabo de manera escalonada y vigilando constantemente la respuesta del acuífero.

## VI. ESTUDIO Y SELECCION DE ALTERNATIVAS

### VI.1. DATOS BASICOS

Población actual (1986) .....	135,341 Hab.
Población de proyecto (2005) .....	340,663 Hab.
Dotación de proyecto .....	300 lts/hab/día.
Q requerido al año 2005 .....	(37,30 $\bar{M} M^3$ ) 1,182.9 l.p.s.
Q actual instalado .....	(18.00 $\bar{M} M^3$ ) 569.6 l.p.s.
Q para agua potable de la fuente de -- abastecimiento actual (Valle de La - Paz).....	(21.00 $\bar{M} M^3$ ) 665.9 l.p.s.
Q programado explotar del Valle del Ca rrizal como apoyo al abastecimiento de la Ciudad de la Paz .....	( 3.60 $\bar{M} M^3$ ) 114.2 l.p.s.
Q considerado en el presente estudio - del Valle de Santiago como apoyo al abastecimiento de la ciudad de La -- Paz.....	(12.70 $\bar{M} M^3$ ) 402.7 l.p.s.
Qmd. del presente estudio (Q de dise- ño).....	482.3 l.p.s.
Captación .....	Mediante 10 pozos profundos de Q=50 lts/seg. cada uno.
Conducción .....	Bombeo y gravedad con tubería de ag besto-cemento y - acero.

### VI.2. DESCRIPCION DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

Como se mencionó en el Capítulo I de Introducción el presente estudio solo analizará el Acueducto "Santiago - La Paz", ya que el acueducto "Carrizal - La Paz", actualmente es objeto de análisis por parte de la - Delegación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hídricos en el Estado de Baja California Sur.

#...

La zona de Captación se definió de acuerdo a la actualización del estudio geohidrológico del Valle de Santiago, Baja California Sur, SARH, PIDER, ROASA (1979).

Para el trazo de las rutas de conducción se utilizaron cartas topográficas escala 1:50,000 de INEGI, SPP, de las cuales se dedujeron los perfiles topográficos respectivos.

Para la elaboración del presente estudio se plantearon y analizaron tres alternativas de conducción, tal y como se muestra en el plano "Alternativas de conducción" al final de este documento. Por obviedad solo se describirá la alternativa seleccionada.

La zona de Captación propuesta se ubica en el Valle de Santiago y consta de 10 pozos profundos con un gasto aproximado de 50 l.p.s. cada uno y se distribuyen en dos baterías de 5 pozos cada una.

La primera batería de pozos se inicia en el pozo número 5 con un gasto de 50 l.p.s., a este acueducto se conectan los pozos 4, 3, 2 y 1 con una aportación de 50 l.p.s. cada uno, para un total de 250 l.p.s. Este acueducto requiere del bombeo de los pozos hasta la caja de transición No. 1 (Ver cuadro VI.1.).

#### PRIMER ACUEDUCTO DE LA ZONA DE CAPTACION

CUADRO VI.1.

DIAM.	LONGITUD	DESARROLLO	OBSERVACION.
--	--	- 6+000	Pozo No. 5
10"	1,000	- 5+000	Pozo No. 4
12"	1,000	- 4+000	Pozo No. 3
14"	1,000	- 3+000	Pozo No. 2
16"	1,000	- 2+000	Pozo No. 1
18"	2,000	0+000	Caja Colectora.

#...

La segunda batería de pozos se inicia en el pozo No. 10 con un gas to de 50 l.p.s., a este acueducto se conectan los pozos 9, 8, 7 y 6 con una aportación de 50 l.p.s. cada uno para un total de 250 l.p.s. Este acueducto requiere del bombeo de los pozos hasta la caja de transición No. 1 (Ver Cuadro VI.2).

### SEGUNDO ACUEDUCTO DE LA ZONA DE CAPTACION

CUADRO VI.2.

DIAMETRO	LONGITUD	DESARROLLO	OBSERVACIONES
--	--	5+750	Pozo No. 10
10"	1,000	4+750	Pozo No. 9
12"	1,000	3+750	Pozo No. 8
14"	1,000	2+750	Pozo No. 7
16"	1,000	1+750	Pozo No. 6
18"	1,750	0+000	Caja Colectora.

A partir de la caja de transición No. 1 ubicada en el Km. 0+000 se inicia el acueducto con un gasto máximo diario de 483.2 l.p.s. (gasto - de diseño). Tal y como se observa en el Cuadro VI.3.

### ACUEDUCTO DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA

CUADRO VI.3.

DIAM. (Pulg.)	LONGITUD (M)	DESARROLLO (KM.)	OBSERVACIONES
--	--	0+000	Caja de transición No. 1.
30"	21,500	21+500	Planta de bombeo No. 1
24"	7,000	28+500	Planta de bombeo No. 2
24"	5,000	33+500	Planta de bombeo No. 3
24"	4,500	38+000	Planta de bombeo No. 4
24"	7,500	45+500	Caja de transición No. 2
24"	10,250	55+750	Planta de bombeo No. 5
24"	2,250	58+000	Caja de transición No. 3

( Continúa ) ...



... (Viene de la Hoja anterior).

DIAM. (PULG.).	LONGITUD ( M ).	DESARROLLO ( Km ).	OBSERVACIONES .
20"	960	58+960	Transición.
18"	4,790	63+750	Caja rompedora de presión No. 1.
20"	5,140	68+890	Transición.
18"	4,360	73+250	Caja rompedora de presión No. 2.
20"	3,420	76+670	Transición.
18"	5,830	82+500	Caja rompedora de presión No. 3.
24"	3,550	86+050	Transición.
20"	9,950	96+000	Caja rompedora de presión No. 4.
24"	13,070	109+070	Transición.
20"	1,180	110+250	Tanque de regularización y almacenamiento.

### VI.3. ANALISIS DE FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO

Dado lo repetitivo de estos análisis, solo se describirá un ejemplo de cada caso ya que puede verse al detalle en los perfiles de funcionamiento hidráulico al final del presente documento.

#### ZONA DE CAPTACION.

- CALCULO DEL DIAMETRO MAS ECONOMICO ENTRE EL POZO No. 1 Y LA CAJA DE TRANSICION No. 1.

- Elevación terreno natural en la caja ----- 140.00 m.s.n.m.
- Altura de la Caja de transición ----- 2.50 m.
- Pérdidas por flotador\*----- 0.70 m.
- Elevación teórica de llegada del agua ----- 143.20 m.s.n.m.
- Elevación de succión del pozo No. 1. ----- 60.00 m.s.n.m.
- Deanivel topográfico entre pozo No. 1 y C.T. No.1. 83.20 m.

$Q = 0.250 \text{ M}^3/\text{s.}$        $L = 2,000 \text{ m.}$        $n = 0.010$

Tubería de asbesto cemento.

DIAMETRO NOMINAL		AREA	k de	hf	hft	H.P.
mm	Pulg.	(M2)	Manning			
406.4	16	0.1297	0.125349	15.67	99.65	87.41
457.2	18	0.1642	0.066882	8.36	91.98	80.68
508.0	20	0.2027	0.038130	4.77	88.20	77.37

\* Valvula de 18" de acuerdo a Ross Valve Manufacturing Co., INC.  
Bulletin 104 - 1907 NEW YORK.

$$hf = K L Q^2$$

$$H.P. = \frac{Q \text{ hft}}{76 \eta}$$

$$\text{hft} = 1.05 hf + \text{desnivel topográfico.}$$

$$Q \text{ en l.p.s. y } \eta = 0.75$$

Golpe de ariete

CLASE DE TUBERIA.	d (Cm)	e (Cm)	Vel (m/s)	20% h	Presión Total.
A - 14	40.64	5.6	1.927	46.29	145.94
A - 10	45.72	4.5	1.523	34.49	126.47
A - 7	50.80	3.5	1.233	25.84	114.04

$$h = \frac{145 v}{\sqrt{1 + \frac{Ea d}{Ete}}}$$

v = Velocidad en m/s

Ea = Módulo de elasticidad del agua = 20,670 Kg/Cm<sup>2</sup>.

Et = Módulo de elasticidad del tubo = 328,000 Kg/Cm<sup>2</sup>.

d = Diámetro nominal en Cm.

e = Espesor de la pared del tubo en Cm.

#### RESUMEN :

DIAM. PULG.	CARGO ANUAL DE BOMBEO. (\$)	COSTO TOTAL DE CONDUCCION. (\$)	CARGO ANUAL DE AMORTIZACION - ( CONDUCCION ) (\$)	COSTO ANUAL DE BOMBEO PARA OPERACION DE 365 DIAS. (\$)
16	11'419,823.00	59'761,270.00	15'485,161.00	26'904,984.00
18	10'540,571.00	62'424,400.00	16'175,223.00	26'715,794.00
20	10'108,130.00	68'848,230.00	17'839,747.00	27'947,878.00

$$\text{Costo Kwh} = \$ 20.00$$

$$\text{Kwh} = \text{HP} \times 0.7457$$

$$\text{CARGO anual de bombeo} = \$ 20.00 \times \text{Kwh} \times 8760$$

CARGO anual de amortización.- Calculados de tablas de precios índice.

$$\text{CARGO anual de amortización} = 0.259117 \times \text{Costo total de conducción.}$$

0.259117 = factor de recuperación del Capital. Vease el cálculo de este factor, así como las consideraciones tomadas en cuenta para su obtención en el Capítulo VII de evaluación financiera.

Costo anual de bombeo para operación de 365 días = CARGO anual de bombeo mas el cargo de amortización.

Del Resumen se observa que la opción mas económica corresponde a la tubería de 18".

- CALCULO DEL DIAMETRO MAS ECONOMICO ENTRE EL POZO No. 2 Y EL POZO No.1.

Elevación de llegada al Pozo No. 1..... 151.98 m.s.n.m.

Elevación de succión del Pozo No. 2 ..... 60.00 m.s.n.m.

Desnivel topográfico entre los pozos 2 y 1 ..... 91.98 m.

$Q = 0.200 \text{ m}^3/\text{s}$ .     $L = 1,000 \text{ m}$      $n = 0.10$

Tubería de asbesto cemento

DIAMETRO NOMINAL.		AREA (M2)	K de Manning	hf (M)	hft	H.P.
mm	Pulg.					
355.6	14	0.0993	0.255513	10.22	102.71	90.10
406.4	16	0.1297	0.125349	5.01	97.24	85.30
457.2	18	0.1642	0.066882	2.68	94.79	83.15

Golpe de ariete

Clase de Tubería.	d (Cm)	e (Cm)	Vel (m/s)	20% h	Presión Total.
A - 14	35.56	4.9	2.014	48.38	151.09
A - 10	40.64	4.0	1.542	34.92	132.16
A - 7	45.72	3.2	1.218	25.62	120.41

Continúa sig. hoja

## RESUMEN :

DIAM. PULG.	CARGO ANUAL DE BOMBEO ( \$ )	COSTO TOTAL DE CONDUCCION ( \$ )	CARGO ANUAL DE AMORTIZACION - ( CONDUCCION ) ( \$ )	COSTO ANUAL DE BOMBEO PARA OPERACION DE 365 DIAS. ( \$ )
14	11'771,262.00	22'385,350.00	5'800,425.00	17'571,687.00
16	11'144,158.00	24'063,790.00	6'235,337.00	17'379,495.00
18	10'863,268.00	25'467,200.00	6'598,984.00	17'462,252.00

Se selecciona el diámetro de 16".

Como se observa el proceso es repetitivo para los Pozos restantes.

- CALCULO DEL DIAMETRO MAS ECONOMICO ENTRE PLANTA DE BOMBEO No. 1 Y PLAN  
TA DE BOMBEO No. 2.

Elevación del terreno natural en la P.B. No.1..... 112.95 m.s.n.m.

Elevación de succión P.B. No.1..... 113.70 m.s.n.m.

PLANTA DE BOMBEO No. 2.

Elevación terreno natural.....+240.00 m.s.n.m.

Profundidad de desplante de la planta .....- 2.00 m.

Espesor de losa del cárcamo de bombeo .....+ 0.25 m.

Altura del cárcamo de bombeo .....+ 5.00 m.

hf. Flotador .....+ 0.70 m.

Elevación teórica de llegada del agua ..... 243.95 m.s.n.m.

Desnivel topográfico P.B. No.1 y P.B. No. 2 = 243.95 - 113.70 =130.25 m.

$Q = 0.4832 \text{ m}^3/\text{s}$ .     $L = 7,000 \text{ m}$ .     $n = 0.010$

Continúa sig. hoja...

DIAMETRO NOMINAL.		Area (m <sup>2</sup> )	K de manning	hf (m)	hft (m)	H.P.
mm	Pulg.					
*508.0	20	0.1927	0.052808	86.31	216.56	1,835.80
609.6	24	0.2919	0.014420	23.57	155.00	1,313.95
702.0	30	0.4560	0.004383	7.16	137.77	1,167.92

- \* Tubería de acero. Diam. interior = 495.3 mm.  
n = 0.011 ( Se considera con tratamiento interior ).

Golpe de ariete

Clase de Tubería	d (Cm)	e (Cm)	Vel (m/s)	20% h	Presión Total
* As	49.53	0.635	2.508	54.70	271.26
A - 14	60.96	7.8	1.656	39.31	194.31
A - 10	70.20	6.1	1.060	23.40	161.17

- \* E acero = 2,100,000 Kg/Cm<sup>2</sup>.

DIAM. PULG.	CARGO ANUAL DE BOMBEO - ( \$ )	COSTO TOTAL DE CONDUCCION ( \$ )	CARGO ANUAL DE AMORTIZACION - ( CONDUCCION )	COSTO ANUAL DE BOMBEO PARA OPERACION DE 365 DIAS. ( \$ )
20	239'841,102.00	582'549,000.00	150'948,349.00	390'789,451.00
24	171'663,153.00	672'407,500.00	174'232,214.00	345'895,367.00
30	152'584,824.00	760'017,000.00	196'933,325.00	349'518,149.00

Se selecciona el diámetro de 24"

- SECCION POR GRAVEDAD.

- CAJA ROMPEDORA DE PRESION No. 1 A LA CAJA ROMPEDORA DE PRESION No.2.

Km 63+750 - Km 73+250

- Elev. de salida (C.R.P. No.1) ..... 510.00 m.s.n.m.

- Elev. de llegada (C.R.P. No.2) ..... 390.45 m.s.n.m.

H = 119.55 m H/1.05 = 113.86 m. (5% de pérdidas menores)

L = 9,500 m Tub. de asb. - cem. n = 0.010

$$s = \frac{H}{1.05 L} = 0.011985$$

$$hf = K L Q^2 \quad \frac{hf}{L} = K Q^2 = s$$

$$K = \frac{s}{Q^2} = 0.051327$$

$$D = \left( \frac{10.293 n^2}{K} \right)^{3/16} = 0.48 \text{ m } (\phi = 20''; 18'')$$

$$K_1 = 0.038130 \text{ (20'')}$$

$$K_2 = 0.066882 \text{ (18'')}$$

$$s_1 = K_1 Q^2 = 0.008903$$

$$K_2 = K_2 Q^2 = 0.015617$$

$$L_1 = \frac{H - LS_2}{s_1 - s_2} = 5,139.40 \text{ m.}$$

$$H_1 = L_1 S_1 = 45.76 \text{ m.} \quad 1.05 H_1 = 48.05 \text{ m.}$$

$$L_2 = \frac{H - LS_1}{s_2 - s_1} = \frac{4,360.60 \text{ m.}}{9,500.00 \text{ m.}}$$

$$H_2 = L_2 S_2 = \frac{68.10 \text{ m.}}{113.86 \text{ m.}} \quad 1.05 H_2 = \frac{71.50 \text{ m.}}{119.55 \text{ m.}}$$

$$v_1 = 2.38 \text{ m/s}$$

$$v_2 = 2.94 \text{ m/s}$$

#### VI.4. ANALISIS DE COSTOS

Este análisis se realizó con precios de Diciembre de 1986.

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Pesos)	IMPORTE (Miles \$)
<b>1.-CAPTACION.</b>				
-Perforación de 10 pozos de 70m de profundidad cada uno.	Pozo	10	16'000,000.00	160,000.0
-Equipamiento de 10 pozos de 90 H. P. cada equipo y gasto de 50 l/s.	Equipo	10	6'200,000.00	62,000.0
SUMA:				222,000.0
<b>2.-CAMINO DE ACCESO.</b>				
-Desmante, desenraice, limpia y conformación.	Km.	80	3'500,000.00	280,000.0

Continúa ...

... Viene de la hoja anterior.

CONCEPTO	UNIDAD	CANT.	PRECIO UNITARIO (Pesos).	IMPORTE (Miles \$)	
3.- ELECTRIFICACION	Km.	60	4'600,000.00	276,000.0	
4.- CINCO PLANTAS DE BOMBEO.					
-Equipamiento, obra civil y subestación eléctrica de:					
-1a. Planta de 1,300 H.P.	Planta	1	203'000,000.00	203,000.0	
-2a. Planta de 1,050 H.P.	Planta	1	170'000,000.00	170,000.0	
-3a. y 4a. Planta de 1,200 H.P. cada una	Planta	2	188'000,000.00	376,000.0	
-5a. Planta de 750 H.P.	Planta	1	135'000,000.00	135,000.0	
SUMA:				884,000.0	
				=====	
5.- LINEA DE CONDUCCION.					
(Incluye la línea de interconexión de pozos).					
- Suministro de tubería de asbesto cemento de:					
Diámetro	Clase				
10"	A - 10	m	1,500	13,932.00	20,898.0
10"	A - 7	m	500	6,900.00	3,450.0
12"	A - 10	m	2,000	19,057.00	38,114.0
14"	A - 10	m	2,000	25,034.00	50,068.0
16"	A - 10	m	2,000	31,433.00	62,866.0
18"	A - 14	m	8,610	50,366.00	433,651.3
18"	A - 10	m	8,000	38,229.00	305,832.0
18"	A - 7	m	1,705	28,058.00	47,838.9
18"	A - 5	m	415	23,458.00	9,735.1
20"	A - 14	m	5,265	60,374.00	317,869.1
20"	A - 10	m	6,430	47,068.00	302,647.2
20"	A - 7	m	3,450	33,997.00	117,289.7
20"	A - 5	m	5,505	29,845.00	164,296.7
24"	Acero	m	2,875	87,106.00	250,429.8

( Continúa )...

... Viene de la Hoja anterior.

CONCEPTO		UNIDAD	CANT.	PRECIO UNITARIO (Pesos).	IMPORTE (Miles \$).
Diámetro	Clase				
24"	A - 14	m	16,570	85,302.00	1'413,454.1
24"	A - 10	m	11,875	66,205.00	786,184.4
24"	A - 7	m	10,175	47,880.00	487,179.0
24"	A - 5	m	11,625	38,214.00	444,237.8
30"	A - 10	m	6,875	91,073.00	626,126.9
30"	A - 7	m	3,000	66,465.00	199,395.0
30"	A - 5	m	11,625	53,843.00	625,924.9
SUMA:			122,000		6'707,487.9
-----					
- Instalación de tubería de asbesto cemento (Incluye: excavaciones plantilla, rellenos; instalación, -junteo y prueba hidrostática).					
Diámetro	Clase				
10"	A - 10	m	1,500	8,916.00	13,374.0
10"	A - 7	m	500	5,520.00	2,760.0
12"	A - 10	m	2,000	10,481.00	20,962.0
14"	A - 10	m	2,000	12,520.00	25,040.0
16"	A - 10	m	2,000	14,145.00	28,290.0
18"	A - 14	m	8,610	17,629.00	151,785.7
18"	A - 10	m	8,000	16,439.00	131,512.0
18"	A - 7	m	1,705	15,432.00	26,311.6
18"	A - 5	m	415	12,902.00	5,354.3
20"	A - 14	m	5,265	18,112.00	95,359.7
20"	A - 10	m	6,430	16,583.00	106,628.7
20"	A - 7	m	3,450	14,618.00	50,432.1
20"	A - 5	m	5,505	12,833.00	70,645.7
24"	Acero	m	2,875	37,456.00	107,686.0
24"	A - 14	m	16,570	23,885.00	395,774.5
24"	A - 10	m	11,875	22,509.00	267,294.4
24"	A - 7	m	10,175	20,588.00	209,482.9

( Continúa )..



... Viene de la Hoja anterior.

CONCEPTO		UNI- DAD.	CANTI- DAD.	PRECIO UNI- TARIO (Pe- son).	IMPORTE (Miles \$).
<b>Diámetro</b>	<b>Clase</b>				
24"	A - 5	m	11,625	16,435.00	191,056.9
30"	A - 10	m	6,875	29,143.00	200,358.1
30"	A - 7	m	3,000	26,586.00	79,758.0
30"	A - 5	m	11,625	23,152.00	269,142.0
	<b>SUMA:</b>		<u>122,000</u>		<u>2'449,008.6</u> =====
<b>6.- ESTRUCTURAS ESPECIALES</b>					
- Caja rompedora de -- presión y transición de 300 M <sup>3</sup> de capaci- dad.		Caja	7	4'150,000.00	29,050.0
<b>7.- OBRA CIVIL, SUMINISTRO, INSTALACION Y PRUEBA - DE EQUIPO PARA CLORA-- CION.</b>					
		Lote	1	20'000,000.00	20,000.0
	<b>TOTAL:</b>				<u>10'867,546.5</u> =====

## VII. EVALUACION FINANCIERA

### VII.1. ANALISIS DEL COSTO POR M3 DE AGUA, CONSIDERANDO EL CONCEPTO DE RECUPERACION DEL CAPITAL E INTERESES

Para determinar la anualidad que permita recuperar las inversiones (I) durante un período de tiempo (n) a una tasa de interés (i) determinada, interviene el Factor de Recuperación del Capital (FRC) y se emplea la fórmula:

$$FRC = i + \frac{i}{(1+i)^n - 1}$$

Actualmente el financiamiento mediante la línea de crédito FIFAPA III, considera una tasa de interés del 25% anual y un plazo de amortización de 15 años.

Con estos datos el  $FRC = 0.259117$  y la anualidad es igual a este factor por la inversión.

$$a = FRC + I$$

Costo total de la Obra .....	10,867'546,500.00
7% de administración e ingeniería .....	760'728,260.00
SUMA .....	11,628'274,760.00
15% de imprevistos técnicos .....	1,744'241,210.00
TOTAL .....	13,372'515,970.00

$$\text{Anualidad} = 0.259117 + 13,372'515,970.00 = 3,465'046,220.00.$$

$$\text{Costo por M}^3 \text{ por concepto de recuperación del Capital e intereses.} = \frac{\text{Anualidad}}{\text{Vol. anual a suministrar.}}$$

**ANALISIS DEL CORTO POR M3 DE AGUA CONSIDERANDO EL CONCEPTO  
DE RECUPERACION DEL CAPITAL E INTERESES**

**CUADRO VII.1.**

<b>AÑO</b>	<b>POBLACION SERVIDA -- EN NUMERO DE HABI-- TANTES.</b>	<b>DEMANDA ANUAL DE AGUA EN -- M3.</b>	<b>ANUALIDAD POR CON-- CEPTO DE CAPITAL E INTERES -- ( \$ . M ).</b>	<b>COSTO POR M3. ( \$ )</b>
1996	2,831	310,000	--	--
1997	14,977	1'640,000	3,465.0	2,112.80
1998	27,763	3'040,000	3,465.0	1,139.80
1999	41,187	4'510,000	3,465.0	768.29
2000	55,342	6'060,000	3,465.0	571.78
2001	66,575	7'290,000	3,465.0	475.31
2002	78,174	8'560,000	3,465.0	404.79
2003	90,320	9'890,000	3,465.0	350.35
2004	102,922	11'270,000	3,465.0	307.45
2005	115,982	12'700,000	3,465.0	272.83

**NOTA:** En 1966 no se considera el pago de la anualidad, ya que se requiere solo la parte final de ese año y además entra en el período de gracia que se dá para el pago de este tipo de crédito.

- El pago es durante 15 años o sea hasta el año 2,011.
- A partir del año 2,005 el costo por M3 es el mismo hasta el año 2,011.
- A partir del año 2,005 se deben utilizar otras fuentes de abastecimiento y probablemente la alternativa sea desalar agua del mar.

#...

VII.2. ANALISIS DEL COSTO POR M3 DE AGUA, CONSIDERANDO LA ANUALIDAD, OPERACION Y MANTENIMIENTO

CARGOS FIJOS POR AÑO	( Miles \$ )
- Amortización de la deuda.....	3,465,000.0
- Costo mantenimiento de la captación 0.005 -- (222'000,000.00) .....	1,100.0
- Costo mantenimiento de caminos de acceso y -- electrificación 0.005 (280'000,000.00 + 276'000,000.00) ....	2,780.0
- Costo mantenimiento plantas de bombeo 0.005 (884'000,000.00) .....	4,420.0
- Costo mantenimiento líneas de conducción --- 0.005 (9,156'496,500.00) .....	45,782.0
SUMA: .....	3,519,082.0
- CARGOS POR CONSUMO DE ENERGIA POR AÑO.	

- Los equipos de bombeo de la zona de captación, tendrán capacidad para bombear 500 l.p.s., 15.77  $\bar{M}M3/año$  (operación máxima de 24 horas ininterrumpidas); las plantas de bombeo, en las mismas condiciones, podrán bombear 482.3 l.p.s., 15.21  $\bar{M}M3/año$ .

$$\text{Tiempo promedio anual de bombeo } (1) = \frac{\text{Demanda anual de agua } (2)}{\text{Capacidad de los equipos de bombeo } (3)} = 8760 (4)$$

- (1) Valor aproximado en horas.
- (2) Obtenida de la tabla VII.1.
- (3) 15.77  $\bar{M}M3/año$  para la zona de captación y 15.21  $\bar{M}M3$  para las plantas de bombeo.
- (4) Número de horas de un año.

# ...

**TIEMPOS DE BOMBEO Y CONSUMO DE ENERGIA ANUAL PROMEDIO EN LA ZONA  
DE CAPTACION Y PLANTAS DE BOMBEO**

CUADRO VII.2.

AÑO	DEMANDA ANUAL - DE AGUA ( M3 )	TIEMPO PROMEDIO ANUAL DE BOMBEO (HORAS)		CONSUMO PROMEDIO ANUAL DE ENERGIA (Kw)		
		ZONA DE CAPTA- CION.	PLANTAS DE BOM- BEO.	ZONA DE CAPTA- CION.	PLANTAS DE BOMBEO.	TOTAL
1996	0.31	172	179	115,434	734,142	849,576
1997	1.64	911	945	611,399	3'875,776	4'487,175
1998	3.04	1,689	1,751	1'113,539	7'181,464	8'295,003
1999	4.51	2,505	2,597	1'681,181	10'651,206	12'332,387
2000	6.06	3,366	3,490	2'259,024	14'313,712	16'572,736
2001	7.29	4,049	4,199	2'717,405	17'221,569	19'938,974
2002	8.56	4,755	4,930	3'191,223	20'219,656	23'410,879
2003	9.89	5,494	5,696	3'687,188	23'361,290	27'048,478
2004	11.27	6,260	6,491	4'201,274	26'621,863	30'823,137
2005	12.70	7,055	7,314	4'734,822	29'997,274	34'732,096

Consumo promedio anual de energía = Potencia de los <sup>(5)</sup> equipos de bombeo \* 0.7457 <sup>(6)</sup> \* tiempo promedio anual de bombeo

(5) 900 H.P. para los equipos de bombeo de la zona de captación y 5,500 H.P. para los de las plantas de bombeo.

(6) Factor de conversión de H.P. a Kilowatts.

Considerando a \$ 22.00 el costo del Kw-hora en el siguiente cuadro se muestra el costo por M3 de agua, tomando en cuenta la anualidad, operación y mantenimiento. Solo faltaría considerarse el pago de salarios del personal de operación.

## COSTO POR M3 DE AGUA

CUADRO VII.3.

AÑO	DEMANDA DE AGUA ( M <sup>3</sup> )	CARGOS FIJOS ( M \$ )	COSTOS POR CONSUMO DE ENERGIA ( M \$ )	TOTAL ( M \$ )	COSTO POR M3 DE AGUA ( \$ )
1996	0.31	--	--	--	--
1997	1.64	3,519.08	98.72	3,617.80	2,205.97
1998	3.04	3,519.08	182.49	3,701.57	1,217.62
1999	4.51	3,519.08	271.31	3,790.39	840.44
2000	6.06	3,519.08	364.60	3,883.68	640.87
2001	7.29	3,519.08	438.66	3,957.74	542.90
2002	8.56	3,519.08	515.04	4,034.12	471.28
2003	9.89	3,519.08	595.07	9,114.15	415.99
2004	11,27	3,519.08	678.11	4,197.19	372.42
2005	12.70	3,519.08	764.11	4,283.19	337.26

**NOTA:** Tomese en cuenta que este valor se abaratará considerablemente para los usuarios, ya que el costo por M3 de agua de las fuentes actuales de abastecimiento son mucho menores.

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### VIII.1. ABASTECIMIENTO ACTUAL

a).- El sistema de abastecimiento de agua en bloque de la Ciudad - de La Paz, puede operar sin problemas hasta 1992, considerando que gradualmente seguirán entrando en operación los pozos del Acueducto No. 3; mismos que sustituirán a los pozos ubicados dentro de la Ciudad, con lo que se eliminarán la extracción de aguas salobres y una fuente de intrusión salina.

b).- Deberá planearse el abastecimiento de agua en bloque de 1988 en adelante para construir oportunamente las obras necesarias que satisfagan las demandas futuras.

c).- El sistema de distribución presenta serias fallas y su cubrimiento es deficitario por lo que será conveniente continuar con el proyecto integral de agua potable y seguir promoviendo el Programa de Control de Pérdidas y Uso eficiente del agua en esta Ciudad.

d).- El sistema de alcantarillado presenta fallas aún más severas que el de distribución y su cubrimiento superficial es menor que el de aquel, por lo cual se requiere también continuar con el proyecto integral de alcantarillado. También es necesario eliminar las filtraciones de agua de mar en los cárcamos de bombeo uno y tres en virtud de que -- las aguas tratadas se usan en la agricultura, actividad que requiere -- agua sin cloruro o con un contenido muy bajo de éstos.

e).- El sistema de tratamiento de las aguas residuales es inoperante por que su capacidad ha sido rebasada por el flujo de aguas negras, -- razón por la cual se requiere:

#...

- Seguir dragando las lagunas de estabilización existentes y continuar con el programa de construcción de éstas.
- Hacer eficiente el uso de los dos tanques Imhoff y la planta de lodos activados existentes y de ser posible construir nuevas unidades.
- Concluir el proyecto de reuso de las aguas residuales tratadas - de la Ciudad de La Paz. Este punto es de suma importancia, ya - que al intercambiar este tipo de aguas por las aguas subterrá- - neas que se usan actualmente en el riego agrícola, representa -- una fuente indirecta de abastecimiento de agua para uso urbano.

f).- La conducción se efectúa mediante tres acueductos, los pozos ubicados en la Ciudad están conectados directamente a la red (Vease plano IV.1.).

g).- La regularización y almacenamiento se efectúa con cuatro tanques, existiendo un quinto tanque que nunca se ha usado.

h).- El número de tomas en Abril de 1986 era de 24,687.

i).- El agua no está sujeta a ningún muestreo sistemático para determinar su calidad, ni tampoco se somete a ningún tratamiento.

#### VIII.2. IDENTIFICACION DE FUENTES DE ABASTECIMIENTO PARA ATENDER DEMANDAS FUTURAS

a).- Las presas de protección de la Ciudad; Buena Mujer, en construcción y Vinorama, en proyecto, constituyen sendas fuentes auxiliares de abastecimiento; en virtud de que propiciarán entre otras cosas, la - recarga del acuífero del Valle de La Paz.

b).- El acuífero del Valle de La Paz a pesar de estar sobreexplotado, puede proporcionar mas volúmenes de agua para fines urbanos si se - sustituye el uso de las aguas subterráneas en la agricultura por el uso



de aguas servidas; de esta manera, como se mencionó anteriormente, las aguas negras pueden considerarse como una fuente indirecta de abastecimiento.

c).- El acuífero del Valle del Carrizal también se identificó como fuente de abastecimiento para atender las demandas futuras, por lo que la SARH deberá continuar con los estudios y proyectos para la construcción del Acueducto "Carrizal-La paz".

d).- El presente estudio demuestra que es factible la construcción del Acueducto "Santiago-La Paz", por lo que también se considera al Valle de Santiago como fuente de abastecimiento a futuro.

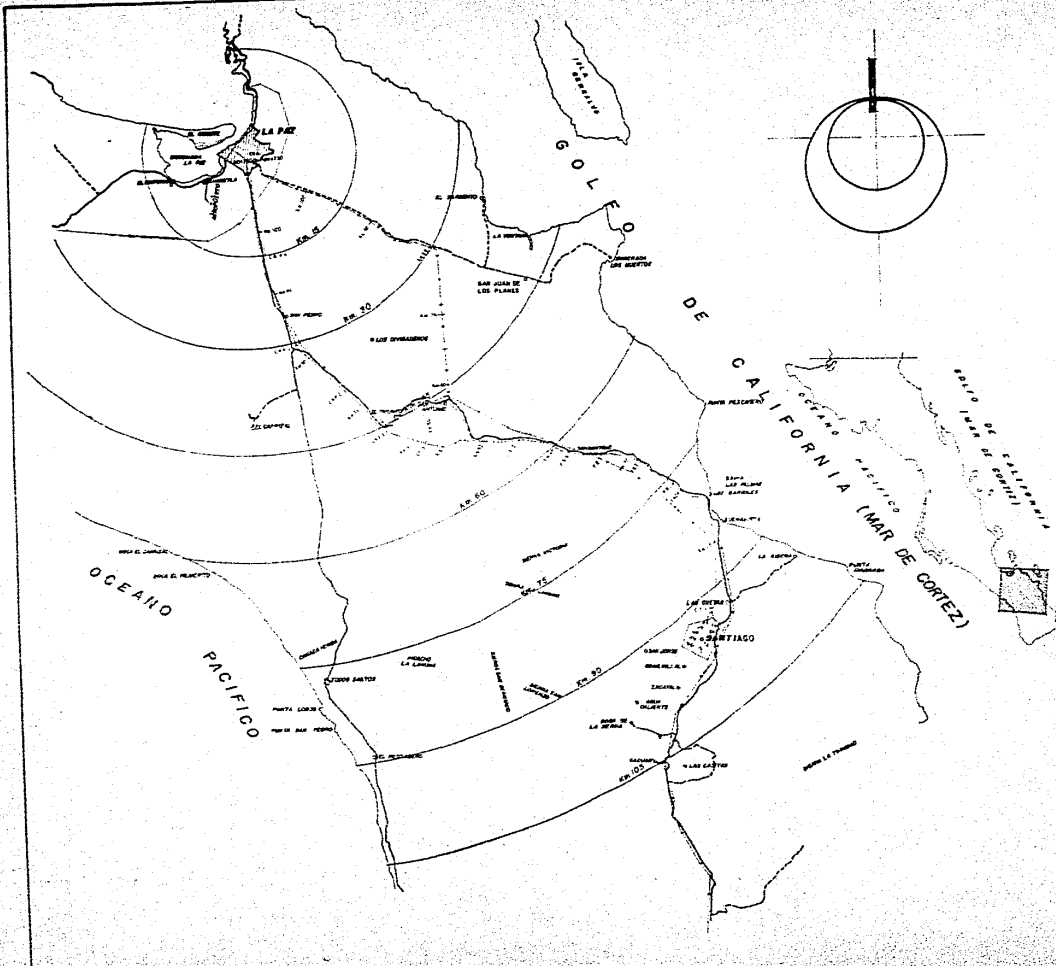
e).- A partir del año 2006 es factible pensar en el mar como fuente potencial de abastecimiento.

### VIII.3. COSTOS

a).- El costo total de la obra Acueducto "Santiago-La Paz", es de \$ 13'372'515,970.00 a precios de diciembre de 1986.

b).- El costo por metro cúbico de agua varía de \$ 2,205,97 en 1997 a \$ 337.26 en el año 2005.

c).- Deberá tomarse en cuenta que el valor por metro cúbico de agua mencionado en el inciso b). se abaratará considerablemente, ya que el costo de las fuentes actuales de abastecimiento es mucho menor.



**DATOS BASICOS**

POBLACION ACTUAL (1984)	135,341 HABITANTES
POBLACION DE PROYECTO (2023)	340,683 HABITANTES
DOTACION DE PROYECTO	300 LITROS/HAB/DIA
Q REQUERIDO AL AÑO ENMS	( 37.30 M <sup>3</sup> ) 1,182.9 L.P.S
Q ACTUAL INSTALADO	118.00 M <sup>3</sup> 3,695.8 L.P.S
Q PARA AREA POTABLE DE LA FRONTE DE ABASTECIMIENTO ACTUAL (VALLE DE LA PAZ) ( 21.00 M <sup>3</sup> ) 643 L.P.S	
Q DISEÑADO EN LA ETAPA DEL VALLE DEL CAÑEON COMO APOYO AL ABASTECIMIENTO DE LA CIUDAD DE LA PAZ	13.60 M <sup>3</sup> 416.2 L.P.S
Q CONSIDERADO EN EL PRESENTE ESTUDIO DEL VALLE DE SANTIAGO COMO APOYO AL ABASTECIMIENTO DE LA CIUDAD DE LA PAZ ( 12.75 M <sup>3</sup> ) 402.7 L.P.S	
QMD DEL PRESENTE ESTUDIO (CON INSECC)	492.3 L.P.S
CAPACIDAD RESERVA EN PIESOS PROFUNDOS DE C/38 LITROS/SEGUNDO CADA UNO	
COMPOSICION BARRIDO Y GRANADO CON TIENERA DE ASBESTO-CEMENTO Y ACERO	

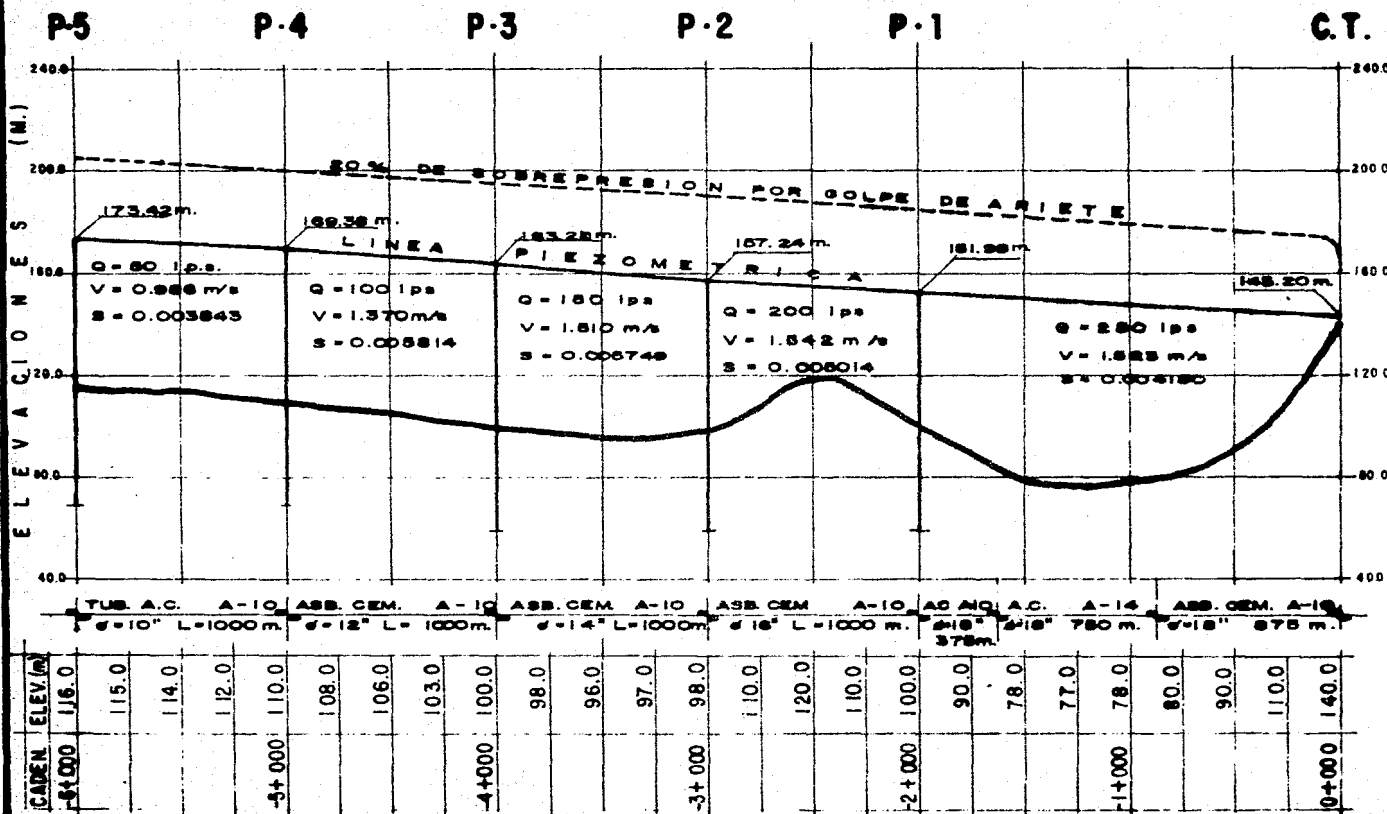
**SIMBOLOGIA**

- ALTERNATIVA I
- ALTERNATIVA II
- ALTERNATIVA III
- ZONA DE CAPTACION
- PUERTO PASADIZO
- SALA DE TRANSICION
- PLANTA DE BOMBEO
- CASA BOMBADERA DE PRECION
- TUBO DE RECALIFICACION Y ALZAMIENTO EN TUBO DE CEMENTO

**UNAM** FACULTAD DE INGENIERIA

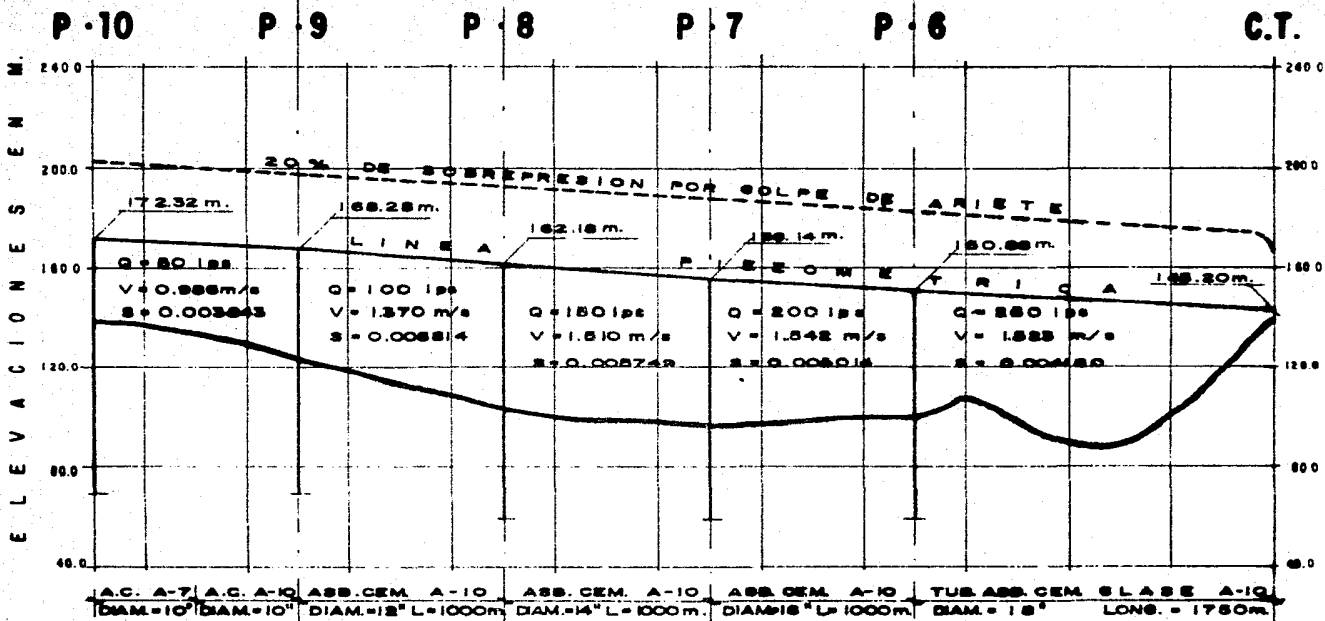
ACUEDUCTO SANTIAGO-LA PAZ  
ALTERNATIVAS DE COMBUSTION

# 1a. BATERIA DE POZOS



E S C A L A S :      HORIZ. = 1:25,000  
 VERT. = 1:2,000

## 2a. BATERIA DE POZOS



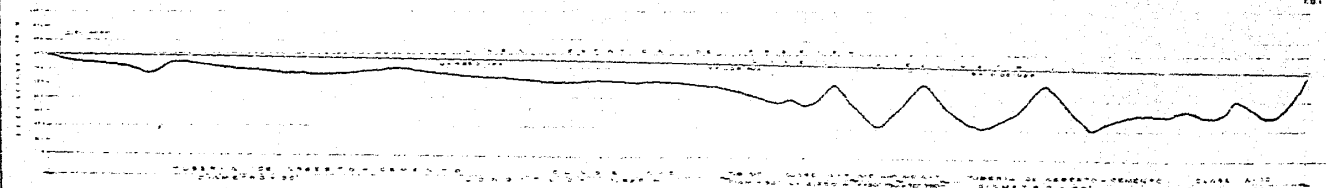
A.C. A-7 (DIAM. = 10")   
 A.C. A-10 (DIAM. = 10")   
 ASS. CEM. A-10 (DIAM. = 12" L = 1000m)   
 ASS. CEM. A-10 (DIAM. = 14" L = 1000m)   
 ASS. CEM. A-10 (DIAM. = 16" L = 1000m)   
 TUB. ASS. CEM. CLASE A-10 (DIAM. = 18" LONG. = 1750m)

CAUDEN	ELEV.(m)
5+750	140.0
	138.0
	135.0
5+000	130.0
	125.0
	120.0
	115.0
4+000	110.0
	105.0
	100.0
	99.0
3+000	98.0
	97.0
	98.0
	99.0
2+000	100.0
	100.0
	110.0
	95.0
1+000	90.0
	90.0
	100.0
	120.0
0+000	140.0

ESCALAS:   
 HORIZ. = 1 : 25,000   
 VERT. = 1 : 5,000

CT.1

P81



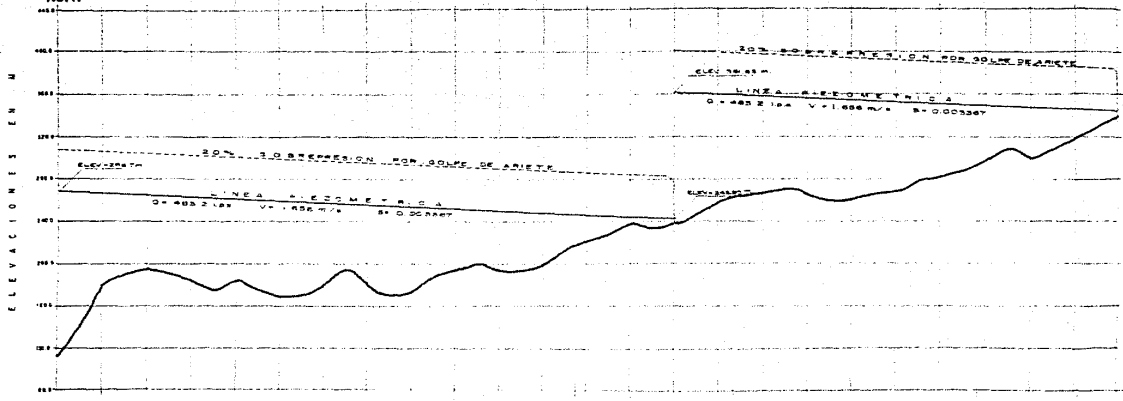
Time (ms)	Amplitude (V)
0	0.00
10	0.00
20	0.00
30	0.00
40	0.00
50	0.00
60	0.00
70	0.00
80	0.00
90	0.00
100	0.00
110	0.00
120	0.00
130	0.00
140	0.00
150	0.00
160	0.00
170	0.00
180	0.00
190	0.00
200	0.00
210	0.00
220	0.00
230	0.00
240	0.00
250	0.00
260	0.00
270	0.00
280	0.00
290	0.00
300	0.00
310	0.00
320	0.00
330	0.00
340	0.00
350	0.00
360	0.00
370	0.00
380	0.00
390	0.00
400	0.00
410	0.00
420	0.00
430	0.00
440	0.00
450	0.00
460	0.00
470	0.00
480	0.00
490	0.00
500	0.00
510	0.00
520	0.00
530	0.00
540	0.00
550	0.00
560	0.00
570	0.00
580	0.00
590	0.00
600	0.00
610	0.00
620	0.00
630	0.00
640	0.00
650	0.00
660	0.00
670	0.00
680	0.00
690	0.00
700	0.00
710	0.00
720	0.00
730	0.00
740	0.00
750	0.00
760	0.00
770	0.00
780	0.00
790	0.00
800	0.00
810	0.00
820	0.00
830	0.00
840	0.00
850	0.00
860	0.00
870	0.00
880	0.00
890	0.00
900	0.00
910	0.00
920	0.00
930	0.00
940	0.00
950	0.00
960	0.00
970	0.00
980	0.00
990	0.00
1000	0.00

**UNAM FACULTAD DE**  
**INGENIERIA EN ELECTRONICA**  
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES EN ELECTRONICA Y OPTICA  
 LABORATORIO DE SISTEMAS DE COMUNICACIONES Y TELECOMUNICACIONES  
 UNAM - IIOE - LSCOT

P.B.1.

P.B.2

P.B.3



SECCION 34 -

ESTACION	TUBERIA DE ASBETO-CEMENTO	CLASE	A-14	TUBERIA DE ASBETO-CEMENTO	CLASE	A-14	TUBERIA DE ASBETO-CEMENTO	CLASE	A-14	TUBERIA DE ASBETO-CEMENTO	CLASE	A-14	TUBERIA DE ASBETO-CEMENTO	CLASE	A-14	TUBERIA DE ASBETO-CEMENTO	CLASE	A-14
31+000	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"	24"
31+000	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0	190.0
32+000	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0	180.0
33+000	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0	175.0
34+000	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0	170.0
35+000	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0	165.0

ESCALAS VERT: 1:2000 HORIZ: 1:2000

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

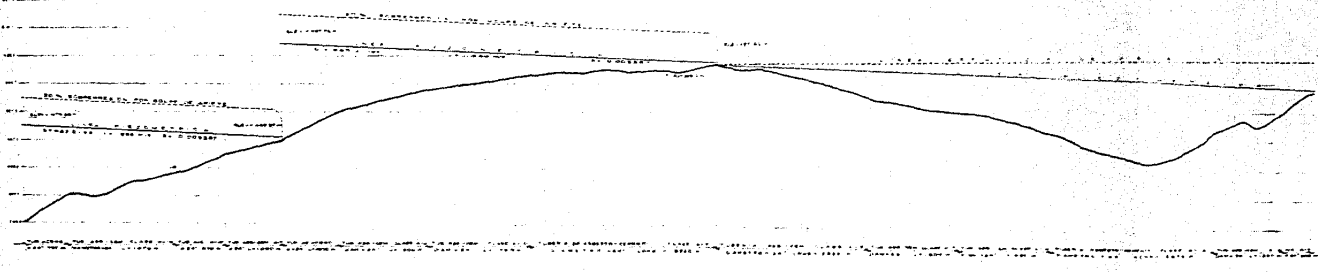
ACUEDUCTO SANTIAGO-LA PAZ  
 PERFIL DE FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE LA LINEA DE CONDUCCION DEL KM. 31+000 AL KM. 35+000  
 ENERO DE 1976  
 MARTIN GARCIA E. GONZALEZ

PB-3

PB-4

CT-1

PB-5



Estación	Altura (m)	Distancia (m)	Observaciones
0+00	100.00	0	
0+10	100.50	10	
0+20	101.00	20	
0+30	101.50	30	
0+40	102.00	40	
0+50	102.50	50	
0+60	103.00	60	
0+70	103.50	70	
0+80	104.00	80	
0+90	104.50	90	
1+00	105.00	100	
1+10	105.50	110	
1+20	106.00	120	
1+30	106.50	130	
1+40	107.00	140	
1+50	107.50	150	
1+60	108.00	160	
1+70	108.50	170	
1+80	109.00	180	
1+90	109.50	190	
2+00	110.00	200	
2+10	110.50	210	
2+20	111.00	220	
2+30	111.50	230	
2+40	112.00	240	
2+50	112.50	250	
2+60	113.00	260	
2+70	113.50	270	
2+80	114.00	280	
2+90	114.50	290	
3+00	115.00	300	
3+10	115.50	310	
3+20	116.00	320	
3+30	116.50	330	
3+40	117.00	340	
3+50	117.50	350	
3+60	118.00	360	
3+70	118.50	370	
3+80	119.00	380	
3+90	119.50	390	
4+00	120.00	400	
4+10	120.50	410	
4+20	121.00	420	
4+30	121.50	430	
4+40	122.00	440	
4+50	122.50	450	
4+60	123.00	460	
4+70	123.50	470	
4+80	124.00	480	
4+90	124.50	490	
5+00	125.00	500	
5+10	125.50	510	
5+20	126.00	520	
5+30	126.50	530	
5+40	127.00	540	
5+50	127.50	550	
5+60	128.00	560	
5+70	128.50	570	
5+80	129.00	580	
5+90	129.50	590	
6+00	130.00	600	
6+10	130.50	610	
6+20	131.00	620	
6+30	131.50	630	
6+40	132.00	640	
6+50	132.50	650	
6+60	133.00	660	
6+70	133.50	670	
6+80	134.00	680	
6+90	134.50	690	
7+00	135.00	700	
7+10	135.50	710	
7+20	136.00	720	
7+30	136.50	730	
7+40	137.00	740	
7+50	137.50	750	
7+60	138.00	760	
7+70	138.50	770	
7+80	139.00	780	
7+90	139.50	790	
8+00	140.00	800	
8+10	140.50	810	
8+20	141.00	820	
8+30	141.50	830	
8+40	142.00	840	
8+50	142.50	850	
8+60	143.00	860	
8+70	143.50	870	
8+80	144.00	880	
8+90	144.50	890	
9+00	145.00	900	
9+10	145.50	910	
9+20	146.00	920	
9+30	146.50	930	
9+40	147.00	940	
9+50	147.50	950	
9+60	148.00	960	
9+70	148.50	970	
9+80	149.00	980	
9+90	149.50	990	
10+00	150.00	1000	

UNAM FACULTAD DE INGENIERIA

AGUEDUCTO SANTIAGO-LA PAZ

ESTACIONES: 0+00 A 10+00

PROYECTO DE INGENIERIA











- SARH - Delegación en el Estado de B.C.S. 1985 "Plan Hidráulico Estatal" 1a. Versión.
- SRH - Dirección de Aguas Subterráneas. 1972 "Estudio Geohidrológico de Los Valles La Paz y - Carrizal, B.C.S.".
- SRH - Dirección General de Geohidrología y de Zonas Aridas. 1974 "Estudio Geohidrológico de La Paz y Carrizal en el territorio de Baja California."
- SRH - Dirección General de Geohidrología y de Zonas Aridas. 1974 "Estudio Geohidrológico en el Valle de Santiago, en el territorio de Baja California".
- SARH - Dirección de Geohidrología y de Zonas Aridas. 1979 "Actualización del Estudio Geohidrológico del - Valle de Santiago, B.C.S"
- SARH - Dirección de Geohidrología y de Zonas Aridas. 1982 "Condiciones Geohidrológicas de los Valles La - Paz-Carrizal".
- SARH - Dirección General de -- Captaciones y Conducciones de Agua. 1982 "Definición de Estudios y Anteproyectos de las - Obras para Abastecimiento de Agua en Bloque a - las Divisiones Regionales 1 y 2 del Estado de B.C. S.".
- Nava S., J.M., Coronel A., J.M., Beukema P., J. 1981 "Análisis Hidrológico de la zona Sur del Estado - de B.C.S.- Reproducción Mimeográfica.

- UNAM - Instituto de Ingeniería - Guarga, Rafael; Sanchez, J. Luis; Carmona Rafael y Aguilar, Lázaro. 1985 "Diseño y Operación Hidráulicos de Conducciones de Agua a Presión".
- Murguía Vaca, Ernesto 1974 "Apuntes de Ingeniería Sanitaria", UNAM.
- Bueno Carrera, Alfonso 1981 "Construcción y Operación de Acueductos".
- Rodríguez L., Alejandro 1981 "Informe Hidrométrico del Sistema de Agua Potable de la Cd. de La Paz". Informe Inédito.
- Pimienta, Jean 1980 "La Captación de Aguas Subterráneas". 2a. Edición.- Editores Técnicos Asociados, S.A.