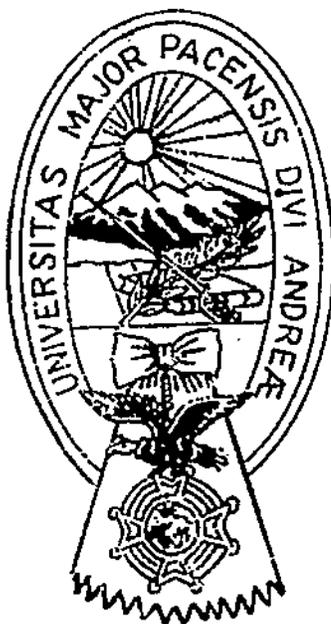


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

**FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y FINANCIERAS
CARRERA DE ECONOMIA**



TESIS DE GRADO

***EVALUACION SOCIAL DE PROYECTOS DE
SANEAMIENTO BASICO APLICADOS A BOLIVIA***

POSTULANTE: MARCO EUGENIO ZAPATA CUSICANQUI

TUTOR: LIC. RUBEN ROMERO DEL CASTILLO

LA PAZ, AGOSTO 1996

Agradecimiento

A mis compañeros del Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR), en especial a los de la Gerencia de Desarrollo que durante más de 6 años compartieron conmigo sus conocimientos a través de apasionantes e interminables debates sobre proyectos, posibilitando mi interés en la materia y el logro del presente trabajo.

A mi madre, quien con su amor y cariño me alentó a la conclusión del presente trabajo y a mi padre, que me legó sus principios.

EVALUACION SOCIAL DE PROYECTOS DE SANEAMIENTO BASICO APLICADOS A BOLIVIA

RESUMEN

Bolivia es un país donde la inversión pública es escasa, las necesidades de infraestructura urbana y rural son múltiples y aún -a pesar de ello- no existe a la fecha, una política definida de inversiones que priorize aquellas iniciativas económicamente factibles y las dimensione en función a la realidad socio-económica observada, rechazando otras que no tengan un mejor costo de oportunidad para la sociedad.

En ese contexto, la presente investigación, propone mostrar lo siguiente: a través de un diagnóstico, la situación del sector "Saneamiento Básico" en los subsectores agua potable y alcantarillado sanitario; con una hipótesis de trabajo y su demostración, el absurdo sobredimensionamiento de proyectos; finalmente, con una propuesta metodológica-académica, la posibilidad de optimizar las inversiones del sector.

En la primera parte del presente trabajo, se introducirá al lector a la importancia del sector, haciendo especial énfasis en comparar al país en función a otros de la región en cuanto a las coberturas alcanzadas en agua y alcantarillado (o saneamiento) y la relación de éstas con la Tasa de Mortalidad en Menores de 5 años (TMM5); tomando en cuenta que esta tasa es considerada como el principal indicador de pobreza de los países (UNICEF). Como resultado del *planteamiento del problema*, se propondrá el monto de inversión necesario, en nuevos proyectos de inversión, para alcanzar -al menos a los países de la región- en cuanto a la TMM5, como meta mínima a fijarse.

En ese sentido, se propone a través del planteamiento de la hipótesis central de trabajo, que las inversiones que se realizan en el sector y en el país, están sobredimensionadas porque éstas no están de acuerdo a la realidad observada. Para llevar a cabo esta afirmación se plantean los principales objetivos, alcances y limitaciones de la investigación. Una hipótesis secundaria

plantea que ante los retos presentados, es decir la necesidad de priorizar inversiones y ajustarlas de acuerdo a la realidad, es necesaria una metodología alternativa de evaluación beneficio-costos económico.

La segunda parte del trabajo, plantea el marco teórico de la evaluación social de proyectos. El capítulo se lo divide en 6 acápite, los cinco primeros versan sobre temas económicos, el último es una pequeña introducción a la Ingeniería Sanitaria. Está especialmente dedicado a la teoría de la demanda y el excedente del consumidor, así como también a la teoría de la oferta y excedente del productor. El capítulo se complementa tomando en cuenta una definición del Ciclo del Proyecto; por otra parte, se puntualizan las diferencias existentes entre la evaluación privada o financiera y la económica o social; finalmente se hace un repaso de la teoría del bienestar y una introducción a los precios sociales.

La tercera parte del trabajo, *metodología para la comprobación de resultados*, viene a ser el marco teórico aplicado de la investigación. El capítulo considera las fuentes de información consultadas, los criterios para regionalizar el país de acuerdo a *iso-consumos de agua*, proponiendo un mapa de los principales centros urbanos del país, consistente con la característica de consumos semejantes (a los que llamaremos iso-consumos de agua) de acuerdo a la condición geográfica-climática. El capítulo continúa con la metodología empleada para estimar algunos datos de confusa estimación de las encuestas socio-económicas, y finalmente vuelve al tema de las regresiones a emplearse en el estudio, ampliando los aspectos que serán utilizados en la investigación.

La cuarta parte del estudio, considera los resultados de la investigación de la demanda por agua potable del país, ésta se lleva a cabo agrupando a los consumidores domésticos, en tres zonas delimitadas por aspectos geográficos y climáticos. Cada uno de los estudios individualizados de la demanda, considera un resumen de los principales resultados socio-económicos de la sub-región, los criterios para determinar que tipo de función explica mejor el comportamiento del consumo de agua, las regresiones consideradas, la función -dinámica- de demanda de agua y un cuadro resumen donde se consideran los parámetros alcanzados bajo las actuales condiciones

técnicas de los sistemas y socioeconómicas de la población. Por último, cada capítulo considera la demostración, a través de registros medidos de las empresas de agua, que las funciones alcanzadas explican la realidad observada.

El quinto capítulo de conclusiones y recomendaciones, está separado de acuerdo a las conclusiones sobre cada tema expuesto, es decir se concluye sobre el saneamiento básico en Bolivia, la presentación de la regionalización del consumo de agua, la verificación de la hipótesis del trabajo y finalmente, a modo de recomendación final: la propuesta para la evaluación de proyectos de saneamiento básico en Bolivia.

CAPITULO PRIMERO

INTRODUCCION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua potable es sin duda el principal bien demandado por el ser humano y es el factor más importante a tomarse en cuenta para la planificación de asentamientos poblacionales. La provisión de agua tiene que ver con la satisfacción de la más apremiante necesidad básica del ser humano cual es la vida.

La importancia del saneamiento básico^{1/} como principal fuente de prevención de enfermedades no se discute y sería muy difícil lograr a través de otros medios preventivos un efecto tan eficaz como instalar agua potable y alcantarillado sanitario a quien no lo tiene.

A través de presentar estadísticas de la realidad Iberoamericana respecto a la cobertura de agua y alcantarillado en función de la mortalidad infantil, se comparará la situación boliviana al respecto. Cuantificaremos la importancia del sector dentro de la inversión pública y vincularemos las inversiones en saneamiento básico al objetivo final que se pretende lograr, que es reducir la mortalidad infantil a niveles "moderados". La eficiencia del manejo en la asignación de recursos públicos para el sector, tendría el efecto de mejorar el impacto de las inversiones, para conseguir ese objetivo se propondrá una metodología alternativa de evaluación social de proyectos para inversiones de agua

^{1/} Durante la presente investigación se generalizará el término "saneamiento básico" comprendiendo solo a los sub-sectores agua potable y alcantarillado sanitario. El sector sin embargo, comprende también el sub-sector de residuos sólidos según la nomenclatura de Inversión Pública en actual vigencia.

potable y alcantarillado sanitario. Esta propuesta partirá de sistematizar las inversiones, sin caer en generalidades, tomando en cuenta el parámetro de más difícil estimación: la curva de la demanda; a partir de la misma se desarrollará una propuesta para la evaluación socio-económica de proyectos del sector.

1.1.1 El Saneamiento Básico en Iberoamérica

El principal sentido que tiene el invertir en saneamiento básico es prevenir enfermedades, en consecuencia evitar la mortalidad infantil. América Latina y el Caribe en su conjunto tienen un aceptable indicador de Tasa de Mortalidad de Menores de Cinco Años (TMM5) comparado a otras regiones en desarrollo. Así por ejemplo, para 1993, Sur y Centro América tienen una TMM5 de 48 muertes por cada 1000 nacidos vivos, países del Asia Oriental y el Pacífico tienen una TMM5 de 56; para países del África Septentrional y Oriente Medio la TMM5 es de 70; Asia Meridional con 127 y finalmente el conglomerado de países del África Subsahariana tiene una TMM5 de 179. El otro extremo de la lista lo ocupan los países industrializados con una TMM5 de solo 10 por 1000.

Dentro de la región, sin embargo, existen diferencias extremas, por un lado tenemos a Cuba con una TMM5 de 10 niños por cada mil nacidos vivos (la misma tasa que un país industrializado) y por el otro extremo Haití con 130 como TMM5. El Cuadro No. 1 muestra la situación completa de todos los países de la América Latina y el Caribe ordenados a partir de la TMM5 de 1993.

CUADRO No. 1
ESTADÍSTICAS SELECCIONADAS EN RELACION AL ESTADO
DEL SANEAMIENTO BÁSICO EN IBEROAMÉRICA

PAIS	TASA DE MORTALIDAD DE MENORES DE CINCO AÑOS			TASA DE MORTALIDAD INFANTIL 1993 (0 - 1) AÑOS	PIB PERCAPIT DOLARES 1992	% POBLACION CON ACCESO A AGUA POTABLE 1988 - 1993			% POBLACION CON ACCESO A SANEAMIENTO ADECUADO 1988 - 1993			TASA ANUAL REQUERIDA PROMEDIO (1)
	1960	1988	1993			URBANA	RURAL	TOTAL	URBANA	RURAL	TOTAL	
HAITI	270	295	238	85	178	55	33	39	55	16	34	15.3%
BOLIVIA	252	178	114	78	680	81	29	54	63	17	43	13.2%
GUATEMALA	285	136	73	53	988	92	43	63	72	52	60	6.2%
NICARAGUA	289	143	72	52	348	76	21	54	78	18	55	4.0%
BRASIL	181	93	63	27	2778	95	61	87	84	32	52	4.0%
PERU	236	138	62	43	958	75	18	72	58	25	57	3.7%
EL SALVADOR	210	128	68	45	1178	85	19	47	86	36	58	2.2%
ECUADOR	188	101	57	45	1878	63	43	55	56	38	48	2.5%
HONDURAS	281	188	56	43	588	89	31	68	98	57	63	2.2%
REP. DOMINICANA	157	94	48	40	1858	75	15	59	95	75	87	0.6%
PROMEDIO REGIONAL	187	94	48	38	2648	98	55	60	79	33	66	8.8%
PARAGUAY	98	61	34	28	1388	58	24	35	56	67	67	
MEXICO	141	81	32	23	3478	94	66	84	78	17	58	
ARGENTINA	68	41	27	24	6858	77	29	71	71	37	68	
VENEZUELA	78	42	24	20	2918	89	89	89	97	78	92	
TRINIDAD Y TABAGO	73	48	31	18	3948	99	91	97	99	98	79	
URUGUAY	47	42	31	19	3348	85	5	75	68	65	61	
PANAMA	184	31	30	18	2428	108	66	84	188	68	88	
COLOMBIA	132	59	19	16	3330	87	81	86	84	18	64	
CHILE	138	35	17	13	3738	98	75	86	84	5	33	
COSTA RICA	112	39	16	34	3968	188	86	93	188	94	97	
JAMAYCA	76	39	13	81	1348	108	180	188	108	88	89	
CUBA	58	26	10	9	3178	108	91	98	188	68	93	

FUENTE: UNICEF, Estado Mundial de la Infancia 1995
(1) Crecimiento requerido de la Tasa de Mortalidad de Menores de cinco Años para llegar al promedio regional el año 2000.

El cuadro muestra además, la evolución de la TMM5 entre 1960, 1980 y 1993; la tasa de mortalidad infantil (número de fallecidos menores de un año por 1000 nacidos vivos) para 1993; el Producto Nacional (o interno) Bruto Percápita para 1992 y finalmente, estadísticas del porcentaje de población con acceso a agua potable y alcantarillado o saneamiento, rural y urbano, en un período de tiempo comprendido entre 1988 y 1993.

Salvo excepciones, la situación de las estadísticas de saneamiento básico son inversamente proporcionales a la TMM5: a menores coberturas en saneamiento básico, mayor tasa de mortalidad y viceversa. Analicemos algunos ejemplos de acuerdo al Cuadro No. 1:

- Haití es el país con mayor TMM5, menor cobertura de saneamiento y penúltima en cobertura de agua potable.
- Cuba es el país con menor TMM5, segunda en cobertura de agua y segunda en cobertura de saneamiento.

- Chile ocupa el 4to. lugar entre los países con menor TMM5, el 7mo. en cobertura de agua y saneamiento.
- Perú ocupa el 17avo. lugar en TMM5, el 12avo. en agua potable y el 17avo. en saneamiento.

Estas relaciones existentes entre cobertura de servicios de agua y alcantarillado y mortalidad en menores de cinco años, sugiere una elemental demostración estadística que se la efectuará a través de un análisis de regresión múltiple lineal. Usando los datos presentados en el Cuadro No. 1 y a ellos añadiendo los datos de otros países en peores y mejores condiciones de pobreza, se plantea la siguiente función en base al siguiente Cuadro No. 2:

Cuadro No. 2
ESTADISTICAS DE SANEAMIENTO BASICO DE PAISES
DE IBERDAMERICA Y PAISES ESCD GIDDS DEL MUNDO

PAIS	TMM5	PNB PERCAPITA DOLARES	% DE POBLACION CON ACCESO AL AGUA POTABLE	% DE POBLACION CON ACCESO A SANEAMIENTO
ANGOLA	292	610	41	19
SIERRA LEONA	284	160	37	58
MOZAMBIQUE	282	60	22	20
GUINEA-BISSAU	235	220	41	31
GUINEA	226	510	55	21
MALAWI	223	210	56	60
MALI	217	310	41	24
SOMALIA	211	150	37	18
ETIOPIA	204	110	25	19
ZAMBIA	203	190	53	37
BHUTAN	197	180	34	13
NIGERIA	191	320	36	35
ZAIRE	187	230	39	23
UGANDA	185	170	31	57
HAITI	130	370	39	24
BOLIVIA	114	680	54	43
GUATEMALA	73	980	62	60
NICARAGUA	72	340	54	55
BRASIL	63	2770	87	72
PERU	62	950	72	57
EL SALVADOR	60	1170	47	58
ECUADOR	57	1070	55	48
HONDURAS	56	580	66	63
REP. DOMINICANA	48	1050	59	87
PARAGUAY	34	1380	35	62
MEXICO	32	3470	84	50
ARGENTINA	27	6050	71	68
VENEZUELA	24	2910	85	52
TRINIDAD Y TABAGO	21	3940	97	79
URUGUAY	21	3340	75	61
PANAMA	20	2420	84	88
COLOMBIA	19	1330	86	64
CHILE	17	2730	86	83
COSTA RICA	16	1960	93	97
JAMAICA	13	1340	100	89
CUBA	10	1170	98	92
CDREA	9	6790	93	100
HONG KONG	7	15360	100	88
JAPON	6	28190	97	84
SINGAPUR	6	15730	100	99

$$TMM5 = f(\%Ag, \%Al)$$

donde:

TMM5 =	Tasa de Mortalidad en Menores de 5 años
%Ag =	Porcentaje de cobertura de agua potable en el país
%Al =	Porcentaje de cobertura de alcantarillado (o saneamiento) en el país

En forma exponencial la regresión se escribe:

$$TMM5 = a \cdot \%Ag^b \cdot \%Al^c$$

donde:

a	=	Constante de la regresión
b y c	=	Parámetros de la regresión.

El resultado de la regresión es el siguiente:²¹

$$TMM5 = 1171677 \cdot \%Ag^{-1.62136} \cdot \%Al^{-0.77747} \quad (\text{Fórmula 1})$$

Tomando en cuenta la cobertura media de servicios de los países de Centro y Sur América (87% en agua potable y 66% en alcantarillado y saneamiento), tenemos que la TMM5 es de 48 x 1000.

A pesar que la regresión se realizó con datos no cronológicos (datos puntuales estimados entre 1988 y 1993), tiene un ajuste interesante ($R^2 = 0.77$) por lo que se tomarán las relaciones explicadas (fórmula 1) como hipótesis válida en el

2 /	Los siguientes son los principales parámetros de la regresión:		
	Constante de la Regresión	13.6735 ;	Constante Corregida 1171677
	Std Err del Y Est	0.6008	
	R Cuadrado	0.7769	
	X Coeficiente(s)	AGUA -1.62136;	SANEAMIENTO -0.77747
	Std Err del Coef.	0.36923	0.27296

Los valores de cobertura de cada país . . .debo medirse de acuerdo al valor relativo del cuadro 1 o 2 y no en porcentaje..

análisis de una tasa deseada de mortandad versus las coberturas necesarias de agua y alcantarillado (y *ceteris paribus*) para obtenerla.

1.1.2 El Saneamiento Básico en Bolivia

De acuerdo al Cuadro No. 1, cuya fuente es UNICEF, Estado Mundial de la Infancia 1995, Bolivia está en segundo lugar entre los países de la región con mayor TMM5 (114 x 1000); sería necesario que desde 1993 ya se hubiera mejorado en la prevención de la mortalidad de menores de cinco años a una tasa del 13.2% anual, para llegar recién al año 2000, con el promedio regional que se tenía en 1993.

Esta relación de alta mortandad en niños, como se analizó en la fórmula 1, también puede explicarse con las bajas coberturas de servicios de agua y alcantarillado que existen en el país. Así pues, de acuerdo a la fuente proporcionada por UNICEF, la cobertura del servicio de agua potable es del 54% en todo el país, 77% urbano y 27% rural. En alcantarillado o saneamiento la cobertura total es del 43%, 63% urbana y 17% rural.

No existe en Bolivia una entidad que agrupe toda la información del sector Saneamiento Básico en forma ordenada y sistematizada, dando lugar al manejo de diversas fuentes de información que difieren entre sí. Con el fin de orientar respecto a la diversidad de información, en la presente investigación se tomarán en cuenta otras fuentes estadísticas distintas a la presentada.

Una de las fuentes oficiales de información^{3/} señala lo siguiente en cuanto a coberturas de agua y saneamiento para 1992:

AREA	AGUA POTABLE	SANEAMIENTO
URBANA	74%	31%
RURAL	31%	15%
COBERTURA PROMEDIO	53%	24%

FUENTE: DINASBA, Sept., 1993

Otra fuente, considerada como el marco de referencia para la política gubernamental en el sector,^{4/} toma en cuenta las siguientes coberturas de servicio desde 1988 hasta 1990:

AREA	1988		1989		1990	
	AGUA	SANEA.	AGUA	SANEA.	AGUA	SANEA.
URBANO	77%	35%	76%	35%	75%	35%
RURAL	27%	13%	28%	14%	30%	15%
TOTAL	52%	24%	52%	24%	53%	25%

FUENTE: "Agua para Todos"; a su vez éste de MPSSP/DSA/ANESAPA

En el cuadro se ve un pequeño crecimiento en las coberturas de agua y saneamiento a nivel rural, un estancamiento en la cobertura de saneamiento a nivel urbano y una pequeña alza a nivel rural. El análisis resultante de dichos datos, con los registrados en el Cuadro No. 1, es que las coberturas urbanas crecieron y las rurales disminuyeron, con lo que se concluye que las inversiones en agua potable solo pudieron llegar a solucionar el crecimiento de la población

^{3 /} MINISTERIO DE DESARROLLO HUMANO, SUBSECRETARIA DE ASUNTOS URBANOS, DIRECCIÓN NACIONAL DE SANEAMIENTO BÁSICO; Acciones de Saneamiento Básico en Bolivia - Logros de la Gestión 1992, Sept., 1993.

^{4 /} MINISTERIO DE ASUNTOS URBANOS, Plan Nacional de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario 1992 - 2000 "Agua Para Todos", La Paz, Febrero, 1992.

vegetativa y en saneamiento existió un crecimiento notable a nivel urbano.

La última publicación oficial respecto a las coberturas existentes en el país⁵¹, indica que el 54% de la población boliviana tiene acceso a las redes de agua; la misma fuente indica que el 43% dispone de servicio sanitario. Sin embargo, la provisión de estos servicios básicos es bastante relativa en relación a las cifras que se manejan, como se notará en el siguiente Cuadro No. 3:

Cuadro No. 3
ESTADÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DE CAPITALS DEPARTAMENTALES Y EL ALTO

CIUDAD	POBLACION URBANA 1992	TASA DE CRECIMIENTO 1976-1992	VIVIENDA: COBERTURA DE SERVICIOS PUBLICOS				TASA DE MORTALIDAD INFANTIL TMI (1)		
			AGUA POR CAÑERIA (1)		ALCANTARILLADO	SANEAMIENTO (3)	ELECTRICID.	1976	1992
			POSIBILIDAD DE ACCESO	AGUA DENTRO DE LA VIV.	SANITARIO O				
SUCRE	131.769	4.64%	98.72%	52.21%	76.28%	91.18%	112	52	
LA PAZ	713.178	1.78%	89.88%	54.71%	63.29%	94.18%	112	59	
EL ALTO	485.492	9.23%	85.61%	32.89%	33.88%	82.66%	146	66	
COCHABAMBA	487.825	4.31%	73.88%	43.83%	75.98%	92.15%	188	53	
SANTA CRUZ (**)	697.771	6.22%	87.17%	45.78%	81.26%	88.42%	183	45	
BURB	183.422	2.45%	93.55%	32.17%	16.75%	92.27%	148	183	
POTOSI (**)	112.828	2.36%	91.44%	11.84%	63.68%	94.21%	158	98	
TARAJA	95.113	5.36%	94.49%	51.93%	78.74%	85.85%	87	44	
TRINIDAD	57.328	4.69%	77.88%	36.94%	77.59%	83.89%	92	71	
COBIZA	18.881	6.43%	76.96%	31.95%	87.76%	78.84%	94	68	
TOTAL BOLIVIA (**)	3.694.846	4.16%	57.52%	25.79%	42.82%	55.48%	191	75	

FUENTE: Instituto Nacional de Estadística, Censo Nacional de Población y Vivienda 1992. Elaboración Propia

NOTAS:

- (1): Número de niños que mueren antes del primer año por cada 1000 nacidos vivos (TMI).
- (2): Población que tiene acceso al agua por cañería dentro de su casa o a través de pilas públicas y la que tiene red pública dentro del espacio físico de su vivienda.
- (3): Saneamiento se refiere a cámara séptica o pozo.
- (*): TMI departamental urbana
- (**): En coberturas de servicios y TMI los datos corresponden al total nacional urbano y rural.

La relatividad de las cifras está en función a la definición que se toma, tal como se indica en las notas 2 y 3 del cuadro precedente. Dentro de lo que se considera como cobertura de agua, está la posibilidad de acceso, es decir una familia que no cuenta con conexión dentro de su casa, pero si puede acarrearla desde una pila pública (quien sabe a que distancia), se la considera dentro del grupo que tiene agua por cañería con posibilidad de acceso. Siendo que debería considerarse exclusivamente solo a los que tienen agua dentro de la vivienda sin importar si

la pila está físicamente dentro de la vivienda o lote. En cuanto a la cobertura de alcantarillado sanitario o saneamiento, también existe una discrecionalidad muy grande en la definición, ya que no es lo mismo, en absoluto, una cámara séptica a un pozo negro o letrina.

No sabemos si las estadísticas pasadas (fuera del Censo) consideran de la misma manera las coberturas; sin embargo, a fin de considerar los datos de las encuestas socioeconómicas, la definición que se usará será solo considerar como una conexión domiciliaria a aquellas que tienen agua dentro del lote o vivienda y de alcantarillado o saneamiento solo a los que tienen conexión de alcantarillado sanitario o cámara séptica exclusivamente.

1.1.3 Planes y Proyectos de desarrollo del sector al año 2.000

Considerando la fuente del Cuadro No. 2, las necesidades de inversión en el país, para llegar hasta fines del año 2000 a una TMM5 de 48/1000, se resume en el Cuadro No. 4:

Cuadro No. 4

NECESIDAD DE INVERSIÓN PÚBLICA PARA OBTENER UNA TAMAÑO DE 48/1808

AÑO	POBLACION (1)	COBERTURA DE SERVICIOS EN PORCENTAJE						TASA DE MORTALIDAD		INVERSIONES EN MILES DE DOLARES										TOTAL INVERSIONES EN NUEVAS CONEXIONES
		A O U A			SANEAMIENTO			MENORES 5 AÑOS(2)	TOTAL	A O U A			SANEAMIENTO				SUD TOTAL			
		CH.D.D.M.	PILA.PUB.	OTRO (3)	ALCAVTAR	CAM. SEP.	OTRO (4)			CMEX. DO	PILA.PUB.	OTRO	SUD TOTAL	ALCAVTAR	CAM. SEP.	OTRO				
1992	6,516,868	49.7%	8.2%	3.1%	20.9%	8.1%	14.1%	152	181.35	73.71	12.64	15,423	8,148	1,892	746	10,786	26,213			
1993	6,639,616	51.4%	10.5%	3.1%	22.4%	10.4%	16.4%	131	14,023	1,337	68	15,423	8,148	1,892	746	10,786	26,213			
1994	6,570,942	53.1%	12.3%	3.2%	24.0%	12.7%	18.7%	114	15,208	1,711	73	16,992	9,165	2,425	893	12,453	29,475			
1995	7,061,318	55.8%	12.8%	3.2%	25.7%	14.1%	20.2%	99	16,765	1,796	77	18,639	10,296	2,826	1,012	14,134	32,773			
1996	7,261,731	58.5%	12.8%	3.2%	27.5%	15.6%	21.8%	86	18,536	1,891	81	20,509	11,600	3,303	1,151	16,055	36,564			
1997	7,471,738	61.5%	12.8%	3.2%	29.4%	17.4%	23.6%	74	20,385	1,981	85	22,451	13,000	3,840	1,302	18,142	40,593			
1998	7,672,254	64.5%	12.8%	3.2%	31.5%	19.3%	25.4%	64	22,481	2,081	89	24,651	14,610	4,477	1,477	20,564	45,214			
1999	7,923,890	67.8%	12.8%	3.2%	33.7%	21.4%	27.5%	56	24,795	2,185	94	27,074	16,421	5,220	1,676	23,316	50,391			
2000	8,167,928	71.2%	12.8%	3.2%	36.0%	23.3%	29.7%	48	27,423	2,302	99	29,829	18,310	6,104	1,907	26,521	56,350			

FUENTE: Elaboración Propia en base al Plan Nacional de Saneamiento Básico - Actualizado 1995 - 2000, OINASBA, Marzo, 1995.

NOTAS:

- (1): Población al 31 de diciembre de cada año
- (2): Estimada según la fórmula (
- (3): Camiones repartidores
- (4): Letrinas, pozos negros

Para elaborar el cuadro se tomaron en cuenta una serie de supuestos:

- a) Se considera que la TMM5 solo reacciona si los individuos tienen agua por conexión domiciliaria, el agua por pileta pública u otra fuente implica un acarreo donde la posibilidad de contaminación es muy grande.
- b) Se toma como válida la regresión planteada en 1.1.1 (Fórmula 1), la TMM5 varía de acuerdo al resultado de dicha regresión.
- c) Los incrementos en las coberturas de servicios son muy parecidas a las registradas en el Plan Nacional de Saneamiento Básico, sin embargo existen pequeñas diferencias de acuerdo a interpretación propia.
- d) Las inversiones consignadas, solo se refieren a aquellas necesarias para aumentar la cobertura. No se consideran inversiones en mejoramiento o reposición de los sistemas.
- e) Las inversiones per cápita en agua y saneamiento son las que corresponden a centros urbanos de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Básico.

Desde 1995 hasta el año 2000 se requerirían \$us 130.4 millones en nuevas inversiones de agua potable con conexión domiciliaria; \$us 84.4 millones en conexiones de alcantarillado sanitario y \$us 25.8 millones en cámaras sépticas; en total considerando otras formas de provisión de servicios de agua y alcantarillado más los convencionales, será necesario que el país invierta \$us 261.9 millones (y *ceteris paribus*) para llegar hasta el año 2000 al mismo promedio regional de TMM5 que el observado para 1993. Si bien hasta este punto se presentó la importancia de la relación propuesta, no deje de considerarse que las inversiones en saneamiento básico son solo condición necesaria, más no suficiente, para lograr la meta de reducción en la mortalidad infantil.

1.2 OBJETIVOS, ALCANCES Y LIMITACIONES DEL TRABAJO

En base al planteamiento del problema se puede dimensionar cuantitativa y cualitativamente (en dinero y en tasa de mortandad respectivamente) la importancia que tiene el incremento de cobertura de agua potable y alcantarillado sanitario en la calidad de vida que una ciudad (poblado o comunidad) ofrece a sus habitantes.

1.2.1 Objetivos y alcances

En función al planteamiento del problema y la hipótesis de trabajo a plantearse se pueden considerar los siguientes objetivos de investigación:

- 1) Demostrar a través de encuestas socio-económicas levantadas en distintas regiones del país, que la dotación media de diseño de la norma boliviana para la elaboración de proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario, está sobredimensionada en relación a la demanda real, dicho objetivo se logrará a través del análisis econométrico de la demanda, obtenido de las encuestas procesadas.
- 2) Se propondrán funciones de demanda por agua potable para las distintas regiones del país, agrupándolas de acuerdo a su condición climática y socio-económica. Dicho estudio permitirá eliminar el proceso de la encuesta socio-económica de las evaluaciones sociales de proyectos que buscan medir la rentabilidad de un proyecto a través de metodologías beneficio-costos.
- 3) En base a las funciones de demanda por agua potable propuestas para las distintas regiones del país, se propondrá una metodología beneficio-costos,

alternativa para la evaluación de proyectos de agua y alcantarillado, este objetivo tendrá el fin de generalizar dichos estudios en Bolivia.

- 4) La estimación de elasticidades precio, a través de las funciones de demanda, sirve como herramienta imprescindible para correr modelos computacionales de evaluación social de proyectos de agua y alcantarillado.^{6/}

1.2.2 Limitaciones

- 1) Solo se catalogarán los consumos de ciudades intermedias mayores a 5000 habitantes. La falta de sistemas medidos o estimaciones serias de consumo en ciudades menores, no permite ampliar la investigación.
- 2) Se sugiere, pero no se cuantifica, el efecto de la disminución del consumo medio per cápita en las futuras inversiones a realizarse. El dimensionamiento de todos los componentes de un sistema de agua y alcantarillado no corresponde a una proporción exacta entre estos y el consumo medio per cápita, dichos componentes corresponden más bien a una relación de escala de producción ya que las normas de fabricación de muchos de los componentes de un sistema son predeterminados y no existe la posibilidad de medidas intermedias. Un ejemplo de esta situación corresponde a las tuberías de la red de agua o alcantarillado. Esta tarea podría ser una interesante investigación en temas de la Ingeniería Sanitaria.
- 3) En general, para explicar la demanda por agua potable, las regresiones

^{6/} Un ejemplo de ellos, es el Simulador de Obras Públicas (SIMOP), desarrollado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para tal fin.

exponenciales son la que mejores resultados arrojan, sin embargo la dificultad de su uso (se grafican como curvas asintóticas) para el cálculo de beneficios, limita sus posibilidades. Por ese motivo, la propuesta metodológica considerará solo regresiones lineales.

1.3 INTRODUCCION PARA LA FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

La falta de infraestructura urbana en Bolivia, ligada a comunicaciones y servicios, es la principal limitante para la creación de industrias, comercios u otras actividades vinculadas a las ventajas comparativas de cada ciudad. Sin embargo, cuando se quiere mejorar o ampliar un servicio (como los de agua y saneamiento) no se estudia el impacto socio-económico de la inversión, es decir, no se toma en cuenta el costo de oportunidad de esta, se da por sentida la necesidad y si se puede, se lleva a cabo la inversión sin importar el costo ni los beneficios que pueda brindar a la sociedad. La veces que se realizan de esta manera los proyectos de ampliación o mejora de los servicios de agua o alcantarillado, los elevados costos de inversión que por norma de diseño -el presente estudio asegura- son sobredimensionados, no permiten que las tarifas se apliquen (que deberían ser iguales a la disposición a pagar de la población), cubran los costos de operación, mantenimiento y depreciación de los sistemas.

Si no se toman en cuenta estas consideraciones, en el futuro se seguirán sobredimensionando sistemas que tienen como justificativo para tal situación, la norma boliviana de diseño de sistemas de redes de agua potable y alcantarillado. Durante la presente investigación, se demostrará que dicha norma no corresponde a la realidad observada en la actualidad, ya que cuando un sistema tiene medidores domiciliarios de consumo y una tarifa marginal (por unidad adicional de agua consumida) o unitaria, los consumos se ajustan y racionalizan a niveles muy distintos a los señalados en la norma boliviana.

En base a los argumentos expuestos se plantean las siguientes hipótesis de trabajo:

1.3.1 Hipótesis Principal

Las norma Boliviana, referida a la dotación media de diseño de redes de agua potable y alcantarillado sanitario, está sobredimensionada en relación a la demanda observada medida a través de registros de empresas de agua y alcantarillado del país o medida a través de encuestas socio-económicas, consecuentemente, las inversiones previstas son mayores a las realmente demandadas.

1.3.2 Hipótesis Secundaria

Al no existir un documento sistematizado que permita estimar los requerimientos de demanda en las distintas regiones del país, convierte los procesos de evaluación socio-económica, medidos a través de metodologías beneficio-costos, en largos, costosos y poco confiables. Una metodología alternativa y fiable que reduzca los elevados costos de preinversión es deseable.

CAPITULO SEGUNDO

MARCO TEORICO

2.1 PRINCIPIOS DE ECONOMIA PARA EVALUACION DE PROYECTOS²¹

La determinación de precios es el mecanismo principal de regulación de la oferta y demanda del mercado, sin embargo *"el precio de mercado de adquirir un determinado producto puede no coincidir con el verdadero costo que dicha adquisición implica para el país: el precio social de cada insumo puede diferir del precio privado^{81"}*, esta situación provoca que los ingresos que recibe el inversionista privado sean diferentes al valor que la comunidad le asigna a esa producción, en consecuencia la evaluación privada puede arrojar resultados distintos a la evaluación social porque esta última considera costos y beneficios sociales directos e indirectos (externalidades) que son generados por el proyecto y que si bien no son valorados por el inversionista privado, sí afectan a la economía del país.

A continuación se analizarán principios básicos de economía que ayudan a comprender la determinación de los precios privados y sociales de bienes y servicios nacionales e internacionales.

2 / Los contenidos del presente capítulo, son extractados principalmente de la siguiente bibliografía:

- FONTAINE, Ernesto, "Evaluación Social de Proyectos" Octava Edición revisada, 1992, Ediciones Universidad Católica de Chile, pág. 131-193.
- CASTRO, R. y MOKATE, K., "Evaluación Económica de Proyectos de Inversión", Versión Preliminar, Universidad de Los Andes, Santafé de Bogotá, Edición Modificada, agosto 1993, pág. 7-79.
- MINISTERIO DE PLANEAMIENTO Y COORDINACIÓN, PNUO/OSP, AIF-BANCO MUNDIAL, Primer Curso Intensivo de Post-Grado en Prep. y Eval. de Proyectos en el Contexto del SNIP, Tomo III, Teoría Económica para Evaluación Social de Proyectos - Guía de Ejercicios, La Paz, Marzo 1990.

8 / FONTAINE Ernesto, "Evaluación Social de P...", pag. 131.

2.1.1 La Teoría de la Demanda y el Excedente del Consumidor

La teoría de la demanda se deriva de la teoría de las preferencias, ésta intenta explicar el porque los individuos tienen preferencias por el consumo de bienes y/o servicios y es aceptado que mientras mayores posibilidades de consumo tengan ellos, su "bienestar", "satisfacción" o "utilidad" es el mismo. Del análisis de las preferencias del consumidor se deriva una función de demanda de un individuo por un artículo específico, adicionando las funciones de demanda individuales, se obtiene la demanda total por el artículo.

2.1.1.1 Optimización de la Utilidad del Consumidor

Un consumidor tiene un ingreso dado que lo distribuye en la compra de algunos artículos de manera que la compra de estos maximice la utilidad que de ellos obtiene para si mismo. Esta situación exige de parte del consumidor una racionalidad y un conocimiento del mercado ya que dada una amplia gama de productos elige aquellos con los que logra un máximo bienestar dado su ingreso disponible.

El proceso de maximizar la utilidad a través de la compra de un artículo depende de los gustos del consumidor (función de utilidad del consumidor), del ingreso o riqueza del consumidor, del precio del artículo en cuestión y del precio de los artículos relacionados.

Esta relación a la que se denomina como función de demanda por el artículo i (Q_i), puede escribirse de la siguiente manera:

$$Q_i = f(G, I, P_1, \dots, P_n, O)$$

Donde:

G	=	Gusto del Consumidor
I	=	Ingreso del Consumidor
$P_1 \dots P_n$	=	Precio del artículo demandado y de otros artículos relacionados.
O	=	Otros artículos relacionados (alcantarillado)

Una teoría no es útil si no puede ser verificada empíricamente y si no puede ser utilizada para hacer pronósticos, es así, que la teoría de las preferencias del consumidor nos permite predecir los cambios en la demanda de un bien dado un cambio en el precio del mismo, o en el ingreso del consumidor o dados los cambios en los precios de los artículos relacionados o incluso en el gusto del consumidor. Dado que es muy difícil predecir los gustos de los consumidores esta variable se la mantiene como constante ya que no es susceptible de medirse como las demás.

2.1.1.2 Funciones de Demanda

Las funciones de demanda como la planteada, pueden representarse mediante modelos específicos para representar la relación funcional de la cantidad consumida en relación a las otras variables. Los dos modelos más importantes y utilizados son el modelo lineal y el exponencial, se los define de la siguiente forma matemática para funciones de demanda por agua potable:

Función de demanda lineal

$$Q = a + bP + cI + dA$$

Donde:

Q:	Consumo de agua per cápita mes
P:	Precio o tarifa por metro cúbico
I:	Ingreso Per cápita mes

- A: Disposición o no del usuario a la evacuación adecuada de aguas residuales (1=tiene; 0=no tiene)
- b: Variación en la demanda por cambios en el precio.
- c: Variación en la demanda por cambios en el ingreso.
- d: Variación en la demanda por disponer alcantarillado.

Función de demanda exponencial

$$Q = a P^b I^c e^{dA}$$

Donde:

- Q, P, I y A se definen igual que en el caso lineal, y
- b: elasticidad precio de la demanda
- c: elasticidad ingreso de la demanda
- d: diferencia porcentual entre el consumo con y sin disposición adecuada de aguas residuales.
- e: número de la función exponencial (2.71828)

La función definida no toma en cuenta los gustos del consumidor ni los precios de artículos relacionados por ser el agua un bien único sin sustitutos cercanos. Sin embargo, para estimar la demanda de agua potable, puede ser importante tomar en cuenta el número de instalaciones sanitarias, la cultura de la población objeto, el clima u otras variables que expliquen el consumo del líquido elemento.

2.1.1.3 Elasticidades

Consideraremos solo el estudio de la elasticidad precio de la demanda y la elasticidad ingreso de la demanda:

a) Elasticidad Precio de la Demanda (η)

Se define como el cambio en la cantidad demandada ante un cambio en el precio de mercado del bien en cuestión. Matemáticamente se define: $\eta = \partial q / \partial p \cdot p / q$; donde ∂ significa

variación; q cantidad demandada y p precio del bien. Si la demanda responde más que proporcionalmente a un cambio en el precio, la demanda es elástica; si responde menos que proporcionalmente a un cambio en el precio se dice que es inelástica; si responde en la misma proporción, es unitaria. Para el bien "agua potable" se espera obtener una elasticidad-precio negativa, ya que un aumento en el precio del agua disminuye la cantidad demandada y viceversa.

b) Elasticidad Ingreso de la Demanda (ϵ)

Se define como el cambio en la cantidad demandada ante cambios en el ingreso de las personas. Matemáticamente se define:

$\epsilon = \frac{\partial q}{\partial i} \cdot \frac{i}{q}$; donde i significa ingreso de las personas. Es positiva, cuando se trata de bienes normales; cero cuando son bienes neutros y negativa en el caso de bienes inferiores. Para el bien "agua potable" se espera obtener una elasticidad-ingreso positiva, ya que un aumento en el ingreso de las personas, aumentaría la cantidad demandada y viceversa.

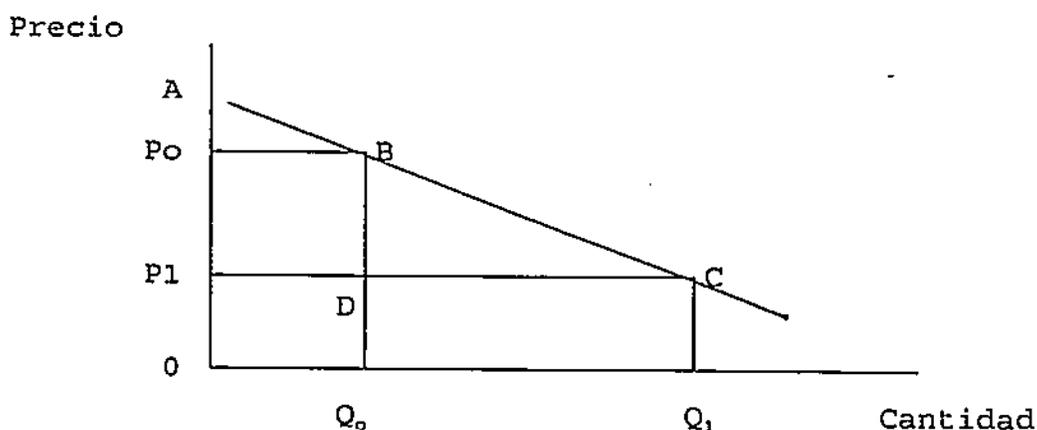
2.1.1.4 Excedente del Consumidor

Este es el concepto clave en la evaluación social de proyectos. Se define como *"la diferencia entre la cantidad que se paga por un producto y la cantidad máxima que el consumidor estaría dispuesto a pagar ante la*

*expectativa de quedarse completamente si ese producto*⁹¹

Los proyectos de inversión o las políticas económicas afectan el bienestar de los consumidores originando cambios en el excedente del consumidor. El siguiente gráfico ilustra el efecto descrito:

Gráfico No. 1
Variación en el excedente del consumidor



Suponga que inicialmente el consumidor demanda $0Q_0$ al precio P_0 , efectuando un gasto total de $0Q_0BP_0$, por algo que estaría dispuesto a pagar hasta $0Q_0BA$. Sin embargo un proyecto de inversión logra el efecto de disminuir el precio a P_1 por aumentar la disponibilidad del bien a Q_1 .

La comunidad (la sociedad o el país) obtiene un beneficio por la disminución del precio, puede ahora consumir una mayor cantidad del bien. El valor para la sociedad de un aumento en el consumo de Q_0 a Q_1 , es representado por el área bajo la curva de la demanda entre los

⁹¹ / FONTAINE, E. Evaluación Soc..., pag. 141.

puntos Q_0Q_1CB . No obstante, por ese mayor consumo, las personas sólo pagan Q_0Q_1CD , por lo que el beneficio neto para los consumidores derivado del aumento en el consumo es igual al área BCD . Asimismo, los consumidores adquieren ahora la cantidad $0Q_0$ a un precio menor (P_1 vs. P_0), incrementando el excedente del consumidor para esa cantidad en P_0P_1DB , de manera que el beneficio total para los consumidores, originado por la disminución en el precio, queda representado por el área P_0P_1CB . Sin embargo, el beneficio neto para la sociedad no debe considerar el área comprendida en el rectángulo P_0P_1DB , puesto que a pesar que los consumidores ganan esa cantidad los productores la pierden.¹⁰¹

El beneficio representado por el triángulo DBC , es un beneficio neto para la sociedad que debe considerarse en la evaluación social de los beneficios del proyecto. El área del triángulo Δ se la expresa de la siguiente manera:

$$\Delta = 1/2 \partial P \partial Q$$

Como se vio en 2.1.1.3 a), la elasticidad precio de la demanda muestra la relación existente entre un cambio porcentual en la cantidad respecto a un cambio porcentual en el precio. Por lo tanto, si se conoce la elasticidad precio de la demanda, puede calcularse el área del triángulo, dado que Q es la producción del proyecto.

¹⁰¹ Para un proyecto de agua potable, por ejemplo, donde el consumo Q_0 corresponde a los consumidores no conectados a la red (acarreadores) que gastan no pagan un precio por el agua igual a P_0 . El proyecto que permite que consuman hasta Q_1 y paguen efectivamente P_1 , libera del gasto a los acarreadores en una proporción P_0P_1BB y no se produce pérdida para ningún productor. Aún en el caso que los no conectados paguen por el agua (superando que ésta proviene de cisternas repartidores o algún otro modo de compra) y luego el proyecto permita una disminución del precio por un mayor consumo, igual se estaría liberando a la sociedad de ese costo, permitiendo un beneficio al que se denomina "liberación de recursos".

De la fórmula de la elasticidad precio de la demanda: $\eta = \partial Q / \partial P \cdot P / Q$ obtenemos $\partial P = \partial Q / Q \cdot P / \eta$; al reemplazar en la expresión que representa el triángulo DBC, se tiene que el área del triángulo es:

$$\Delta = (\partial Q)^2 / 2Q \cdot P / \eta \quad \text{donde } \partial Q = (Q_1 - Q_0)$$

Si la producción del proyecto provoca una disminución en el precio del producto, los beneficios privados del proyecto, provenientes de los ingresos por ventas, subestiman sus verdaderos beneficios sociales en una magnitud igual al área del triángulo DBC.

El beneficio privado es lo que efectivamente se recibe como ingresos por la venta del producto; el beneficio social es igual a esa cantidad más el cambio en el excedente del consumidor que recibe la comunidad, por lo tanto el beneficio social del proyecto es:

$$\text{Beneficio Social} = \text{Beneficio Privado} + \text{Excedente del consumidor}$$

2.1.2 La Teoría de la Oferta y el Excedente del Productor

La oferta de un bien o servicio muestra las máximas cantidades que los productores están dispuestos a producir a cada precio en un período de tiempo dado. La oferta total en el mercado de un bien o servicio, en un mercado competitivo, se obtiene sumando las ofertas de todas las unidades que producen o brindan dicho bien o servicio.

Los principales factores que afectan la oferta son el precio del bien y las condiciones de oferta. El primero supone que el empresario está interesado en

maximizar su beneficio, por lo que el precio del bien a producir resulta clave en la estimación de la rentabilidad. El segundo, está determinado por los costos de producción, el nivel de desarrollo tecnológico, influencias políticas y naturales.

2.1.2.1 Clasificación de los Costos

Costo total (CT): es el costo monetario total para producir cada nivel de producción. En la medida que aumenta el volumen de producción, el costo total aumenta. El costo total está compuesto por el costo fijo (CF) y por el costo variable (CV).

Costo fijo (CF): es el costo en que se incurre independientemente del volumen de producción. Por lo tanto no varía con el producto.

Costo variable (CV): es el costo que varía directamente con el nivel de producción.

Costo marginal (CMg): es la adición al costo total atribuible a una unidad adicional de producción. Al principio la tendencia es que los costos sean decrecientes, debido a las economías de la producción; sin embargo, a medida que aumenta el nivel del producto, los factores variables al ser aplicados a factores fijos, exhiben una productividad menor, lo que se traduce en costos marginales crecientes.

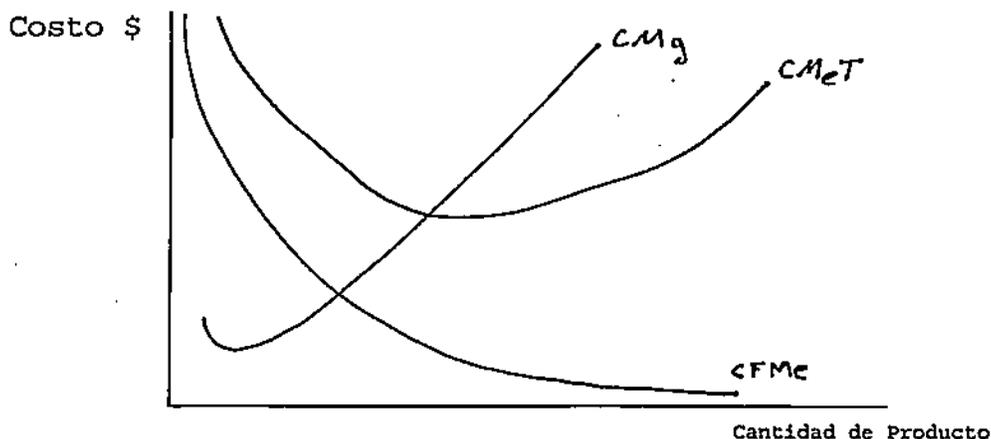
Costo medio (CMe): el costo total dividido por el número de unidades producidas (Q), es decir CT/Q . De la misma manera, se pueden obtener costos fijos medios (CFMe) a partir de CF/Q y los costos variables medios (CVMe) a partir de CV/Q .

2.1.2.2 Derivación de los costos

El Gráfico No. 2 muestra la derivación de las curvas definidas. Se puede

apreciar que la curva de costo marginal corta a la curva de costo medio en el punto mínimo de ésta; a la izquierda del punto A, el CMg es menor que el CMe. Si el CMg es mayor que el CMe, éste último aumenta. Sólo en el punto en que el $CMg = CMe$, el costo medio está en su punto mínimo. Análogamente, el CMg corta al CVMe en su punto mínimo, punto B.

Gráfico No. 2
Derivación de las curvas de costos



En el corto plazo, la empresa tiene algunos factores de producción que son fijos. Solo puede ajustar la cantidad, el precio lo fija el mercado; generando la empresa el nivel de producción que maximiza el beneficio con su planta fija. En el largo plazo, todos los factores son variables pudiendo elegirse el tamaño de la planta o el de su producción. El equilibrio a largo plazo del productor corresponde al punto en que el precio es igual al costo medio mínimo de largo plazo.

Para determinar el punto en que el productor decide fijar su nivel de producción, se recurre al concepto del ingreso marginal. Este se define como el incremento en el ingreso total derivado de aumentar el producto

en una unidad. En un mercado de competencia perfecta existen muchos productores y consumidores, ninguno de ellos puede ejercer influencia sobre el precio, esto significa que el precio es fijado por el mercado como resultado de la interacción de la oferta y demanda. Por cada unidad que el productor vende, recibirá un ingreso marginal igual al precio de mercado. Por lo tanto se puede afirmar que:

$$\text{Precio} = \text{Ingreso marginal} = \text{Ingreso medio.}$$

El productor dejará de producir cuando su costo marginal llegue a ser igual al ingreso marginal. La próxima unidad producida le causaría una pérdida monetaria. La curva de costo marginal es la curva de oferta del productor. Por esta razón una empresa de servicio público deberá producir en el punto en el que se cumpla la siguiente relación:

$$\text{Precio} = \text{Ingreso medio} = \text{Ingreso marginal} = \text{Costo marginal}$$

2.1.2.3 Excedente del Productor

Es la diferencia entre el ingreso total recibido y el ingreso mínimo que exige recibir el productor para producir una determinada cantidad del producto. El área bajo la curva de costo marginal representa el costo total para el productor de ofrecer los diferentes niveles de producción. A su vez, el área determinada por el precio unitario multiplicado por la cantidad producida es el ingreso total que recibe la empresa, por lo tanto, la diferencia es el excedente del productor.

2.1.3 Equilibrio en el Mercado

Para que exista equilibrio en el mercado es necesario que la cantidad ofrecida sea igual a la cantidad demandada. Dado un precio, la cantidad demandada de un producto depende de la curva de demanda, cuya posición está determinada por el tamaño de la población, por el monto del ingreso y de su distribución entre los habitantes, por el precio de otros productos relacionados con éste, etc. Para que exista equilibrio, la cantidad ofrecida a ese precio debe ser igual a la cantidad demandada a ese mismo precio. El punto clave es investigar si vale la pena utilizar los recursos de la economía para satisfacer la demanda al precio existente, o si es más conveniente cambiar el precio.

Para que una sociedad emplee sus recursos al máximo es necesario que el valor social (marginal) de cada producto sea igual al costo social (marginal) de proveer este producto, esta es la posición de equilibrio de eficiencia para la sociedad.

2.2 EL CICLO DE LOS PROYECTOS

La trayectoria de todo proyecto, que se materializa generalmente en una obra física, constituye el ciclo de vida del proyecto. Más específicamente, el ciclo de vida de un proyecto es el proceso de transformación de las ideas de inversión a través de los estados de preinversión, inversión y operación. A continuación se resume cada uno de los estados que intervienen en el ciclo de desarrollo del proyecto.

2.2.1 El Perfil del Proyecto

La idea de llevar a cabo una inversión motiva la realización de un estudio muy preliminar o perfil de proyecto: en esta etapa del proyecto se requiere fundamentalmente de conocimientos técnicos, que permitan conocer a grandes rasgos, la factibilidad técnica de llevar adelante la idea del proyecto.

La evaluación económica y financiera debe demandar poco tiempo; se debe contar solo con estimaciones de costos y beneficios.

Lo más importante en esta etapa de identificación del proyecto, es su definición en cuanto a su determinación de objetivos, alternativas y posibles sub-proyectos.

Luego de aprobado el perfil, en una etapa posterior al ciclo del proyecto, se lleva a cabo el estudio de prefactibilidad.

2.2.2 El Estudio de Prefactibilidad

Uno de los principales objetivos de la elaboración del estudio de prefactibilidad es el de disminuir los riesgos en la decisión de invertir.

El estudio de prefactibilidad requiere de la elaboración de trabajos de investigación más profundos, aunque todavía puede basarse en información de fuentes secundarias, y presentar rangos de variación bastante amplios para los costos y beneficios.

El principal aporte del estudio de prefactibilidad será el aporte de juicios y herramientas que permitan la mejor selección de tecnologías de proceso, localización, tamaño, financiamiento y oportunidades de efectuar el proyecto; el estudio de prefactibilidad exige una interacción entre la preparación técnica del estudio y su evaluación.

La evaluación del proyecto en esta etapa, deberá ser técnica, económica, financiera, legal y administrativa, emitiéndose juicios sobre la factibilidad de cada uno de estos aspectos.

Una vez aprobado el estudio de prefactibilidad, corresponde la ejecución del estudio de factibilidad del proyecto.

2.2.3 El Estudio de Factibilidad

El estudio de factibilidad incluye básicamente los mismos capítulos que el estudio de prefactibilidad, pero con una mayor profundidad y menor rango de variación esperado en los montos de costos y beneficios, en todo caso la información requerida en estos estudios deberá ser de fuentes primarias, lo que exigirá mayor investigación y precisión.

Este estudio debe establecer definitivamente los aspectos técnicos, económicos y financieros fundamentales: la localización, el tamaño, la tecnología, etc.

2.2.4 La Ejecución de los Proyectos

La ejecución de los proyectos puede ser realizada por la entidad patrocinadora del proyecto o puede ser entregada, íntegramente o en parte, por licitación a terceros. Es muy importante evaluar los costos y beneficios de traspasar parte o toda la ejecución de un proyecto a terceros; cualquier decisión debe estar basada en criterios técnico-económicos que conduzcan a maximizar el valor de los beneficios netos del proyecto.

2.3 DIFERENCIAS ENTRE EVALUACIÓN PRIVADA Y ECONÓMICA-SOCIAL

La evaluación de proyectos, se la puede realizar desde dos puntos de vista:

- Desde el punto de vista de la economía nacional, la evaluación del proyecto se

convierte en la evaluación social, que busca la asignación eficiente de los recursos económicos de una sociedad determinada, para lo cual, trata de medir el impacto de los proyectos sobre los recursos nacionales y sobre el bienestar de la comunidad como un todo.

- Desde el punto de vista del inversionista (trátase de una entidad, empresa o persona) la evaluación se torna privada, y su propósito es medir el impacto de un proyecto sobre los recursos del inversionista.

La evaluación social o socio-económica al igual que la evaluación privada usa criterios similares para estudiar la viabilidad de un proyecto, sin embargo, difieren en la valoración de las variables determinantes de costos y beneficios que se les asocian. Los dos tipos de evaluación requieren enfoques diferentes, y pueden también requerir metodologías diversas.

Los beneficios económicos sociales representan el aumento en el bienestar originado por el proyecto. Por su parte los costos sociales están conformados por los bienes y servicios que deben substraerse de otros usos alternativos para aplicarse al proyecto.

Mientras que la evaluación privada se realiza a precios de mercado, es decir valorando los bienes y servicios observados y previstos en el mercado, la evaluación social de proyectos puede realizarse a precios de mercado, o a precios sombra. En ciertos casos el precio sombra de un bien o servicio puede diferir del precio de mercado debido a imperfecciones en éste o a que existen externalidades, es decir, beneficios o costos sociales no apropiados o no cargados a los agentes individuales del mercado.

Para la evaluación social o socio-económica, interesa el flujo de recursos reales de bienes y servicios utilizados y producidos por el proyecto. Para la determinación de los costos

y beneficios pertinentes, la evaluación social definirá la situación del país -con- versus -sin- la ejecución del proyecto en cuestión. Así, los costos y beneficios sociales podrán ser distintos de los contemplados por la evaluación privada porque:

- Los valores (precios) sociales de bienes y servicios difieren de los que paga o recibe el inversionista privado
- Parte de los costos o beneficios recaen sobre terceros (en el caso de las llamadas externalidades o efectos indirectos).

2.3.1 Objetivos de la Evaluación Socio - Económica

La evaluación económica de proyectos, busca conocer la relación entre los beneficios económicos que proporciona y los costos que implica tal o cual proyecto. El conocimiento de la rentabilidad de un proyecto es un elemento crucial para tomar la decisión de invertir o no, puesto que los recursos son escasos y las necesidades son múltiples; por lo cual es fundamental tener conocimiento del impacto que un proyecto específico tendrá sobre los recursos disponibles y sobre el bienestar de la comunidad.

La inversión pública requiere conocer, fundamentalmente, la viabilidad socio-económica de los proyectos cuyos bienes y servicios no pueden convenientemente venderse o comprarse en el mercado, es decir de aquellos bienes o servicios que son comúnmente proyectos de interés público, como es el caso de los servicios de saneamiento básico.

Entre algunos de los propósitos por los cuales las instituciones de inversión pública deberían siempre realizar la evaluación económica de los proyectos, se

pueden anotar los siguientes:

- Eficiencia Económica, en términos de racionalizar la asignación de los recursos económicos.
- Equidad, persiguiendo una justa distribución de los beneficios del proyecto, ya sea por estratos, por regiones, por ciudades, orientar la inversión a las regiones más necesitadas, etc.
- Selección de las mejores alternativas de inversión.
- Jerarquización de los proyectos para asignar recursos de acuerdo a la disponibilidad de los mismos.
- Justificación de proyectos técnica y económicamente buenos.
- Cumplir con los requisitos de los organismos financiadores.
- Otros.

Se recomienda establecer como objetivos generales los de eficiencia económica y equidad, o sea, buscar la asignación eficiente de los recursos y su distribución, de manera que se favorezca a los grupos de menores ingresos, o en los rangos de mayor pobreza.

Aplicando a la evaluación económica una función de objetivos, sería posible conciliar los conflictos que se pudieran presentar entre los diferentes objetivos. Estos serían ponderados según su menor o mayor importancia relativa para el bienestar de la comunidad, lo que permitiría racionalizar el proceso de asignación de recursos. Sin embargo deben pesarse los obstáculos prácticos de aplicar una función de objetivos.

2.3.2 Objetivos de Eficiencia y Equidad

Se reconoce como objetivos generales maximizadores del bienestar social, a los objetivos de eficiencia económica y equidad; lo que significa buscar la asignación eficiente de los recursos económicos y su distribución, de manera tal que se busca favorecer a los grupos de menores ingresos en los distintos rangos de pobreza.

Generalmente se han utilizado los ingresos y los egresos a precios de mercado como aproximaciones a los beneficios y los costos de un proyecto. Esta forma de evaluación presupone situaciones de competencia perfecta y por lo tanto, salvo casos especiales no es recomendable.

Con relación al criterio anterior de evaluación, respecto al objetivo de eficiencia, constituye un avance la introducción del análisis del incremento en el Producto Interno Bruto (PIB) como parámetro para cuantificar los aportes de un proyecto al objetivo mencionado. Este criterio implica la utilización de precios sombra que corresponden al verdadero costo en que incurre la sociedad o sea, su costo de oportunidad.

Además del objetivo de eficiencia se debe tener en cuenta el objetivo de equidad. Una mejor distribución de la capacidad de consumir bienes y servicios entre distintos grupos, se justifica no solo por motivos éticos sino por que se puede presentar satisfacción marginal decreciente y externalidades en el consumo.

La redistribución del ingreso o del consumo puede estar en pugna con el objetivo de eficiencia (aumento del consumo agregado) y para lograr los objetivos redistributivos. Sin embargo, por razones políticas (por ejemplo resistencias a aumentos de los impuestos) y económicas (los subsidios pueden desestimular las

iniciativas), puede ser más conveniente incluir el objetivo redistributivo en la evaluación de proyectos y/o en el diseño de tarifas, que buscarlo exclusivamente mediante medidas fiscales.

Para determinar los grupos a favorecer con los beneficios del proyecto, se suele utilizar como límite cierta cuantía del ingreso familiar. Los organismos internacionales como el BID definen para cada país, el llamado "índice de pobreza" que corresponde aproximadamente a la mediana del ingreso; el objetivo redistributivo debe tratar de orientar el mayor porcentaje posible de beneficios del proyecto hacia los estratos de menores ingresos. También puede medirse el objetivo distributivo, por la disminución de las diferencias de calidad de vida entre distintas regiones y departamentos. En este caso debe evitarse que solo unos pocos residentes en las regiones por favorecer, reciban los beneficios. De ser así, el objetivo distributivo estaría siendo falseado.

2.4 LA TEORÍA DEL BIENESTAR

La teoría económica busca explicar a través de la teoría del bienestar, aquella asignación de recursos que maximice el bienestar de la sociedad en conjunto. El bienestar económico, suele relacionarse con el concepto de costo de oportunidad en la asignación de recursos o sea, con su mejor uso alternativo.

La asignación óptima que maximice el bienestar de una sociedad parte del principio económico de eficiencia denominado "Óptimo de Pareto", cuyo postulado implica una situación en la que ya no es posible pasar a otra superior; una mejora en términos paretianos significará un cambio, cuando por lo menos alguna persona obtiene beneficio adicional sin que los demás desmejoren.

En mercados perfectos, donde no existen externalidades, toda situación de equilibrio competitivo correspondería a un óptimo de Pareto; según lo anterior se pueden utilizar los precios de mercado para valorar distintas alternativas de asignación de recursos.

Sin embargo, ante la situación generalizada de mercados imperfectos, por situaciones oligopolísticas y por la existencia de externalidades, para lograr una metodología de asignación de recursos óptima, se suele seguir una vía más operativa, la cual es la de definir una función de objetivos que interprete los deseos de una comunidad, tales deseos deben ser maximizados sujetos a ciertas restricciones.

Una función de objetivos constituye una aproximación a la función de bienestar, y es el puente que une las conclusiones de políticas normativas con el análisis cuantitativo de las variables económicas. Aunque la función de bienestar tiene tantas variables como individuos y bienes, la función de objetivos se define usualmente en términos de eficiencia y de equidad. Así, al cuantificar beneficios y costos con referencia a esos objetivos, se sientan las bases para comparar la conveniencia relativa de proyectos alternativos con respecto al bienestar social.

A efectos de poder aplicar métodos que cuantifiquen beneficios y costos de los proyectos, desde el punto de vista socio-económico, conviene enunciar los tres postulados básicos, fundamentales para trabajar con economía del bienestar aplicada. La utilización de estos postulados ha sido defendida por Arnold Harberger¹¹. Con ello se pretende usar los conocimientos económicos acumulados a través del tiempo, para derivar los principios y reglas que guíen a los evaluadores de proyectos.

¹¹ / HARBERGER, A. "Three Basic Postulates of Applied Welfare Economics", *Journal of Economic Literature*, Vol. IX, No. 3 pags. 785 - 797, 1971

Los postulados son:

- a) Lo que paga un consumidor en condiciones de competencia, por unidad de un bien X (es decir, su precio de demanda), representa el beneficio marginal de esa unidad para el demandante. En consecuencia, la curva de demanda de mercado coincide con el beneficio marginal privado de consumir el bien (BMgP).
- b) el precio de oferta en condiciones de competencia (es decir, el costo marginal) representa el costo de oportunidad de cada unidad adicional desde el punto de vista de los oferentes, en términos de recursos productivos. O sea que la curva de oferta del mercado es el costo marginal privado de producir el bien (CMgP).
- c) Al evaluar los beneficios netos de un proyecto desde el punto de vista socio-económico, normalmente se suman algebraicamente beneficios (signo positivo) y costos (signo negativo). Este postulado implica dejar de lado por ahora los efectos que el proyecto puede tener sobre la distribución del ingreso. El tema de la distribución del ingreso ha sido tratado de diversas formas por los autores: ponderaciones redistributivas, enfoque de las necesidades básicas, etc.

2.4.1 Tasa de Descuento y Preferencia Intertemporal

Tradicionalmente a nivel nacional, al evaluar proyectos de interés social financiados por organismos internacionales, se utiliza una tasa de descuento del 12 %. Sin embargo, la preferencia intertemporal en una sociedad determinada puede ser diferente a otra, lo cual haría variar la tasa de descuento; por ejemplo los asiáticos al proyectar sus acciones a mucho más largo plazo que los occidentales, estarían implícitamente manifestando una tasa de descuento social más baja.

Por otra parte, existe una discusión conceptual entre quienes consideran que la tasa de descuento debe ser inferida partiendo del comportamiento histórico de las variables económicas y en especial, de la productividad marginal del capital (Harberger) y aquellos que consideran que la preferencia intertemporal debe ser un juicio de valor que una comunidad emite y que no se refleja necesariamente en las tasas de los mercados (Marglin).

El sector público aumentará su contribución al proceso de desarrollo del país mediante una elevación de la rentabilidad social de sus inversiones.

2.5 PRECIOS SOCIALES

La estimación de precios sociales debería llevarse a cabo a nivel de país, a través de una oficina centralizada de planificación económica, a efecto que los proyectos se evalúen desde el punto de vista socio-económico.

Por una parte, el gobierno debiera llevar a cabo solamente los proyectos que dejen al país en una situación mejor que si no se hiciera el proyecto. Ello implica que sólo deberían realizarse los proyectos con valor actual neto social positivo.

Por otra parte, en cuanto a los proyectos privados, si van a tener algún tipo de apoyo oficial, como ser financiamiento con fondos del gobierno o un aval para conseguir financiación internacional, también debieran ser evaluados desde el punto de vista socio-económico, puesto que un requisito mínimo para apoyarlo sería que el proyecto fuera beneficioso para el país.

La evaluación socio-económica puede o no diferir de la privada. Los inversionistas privados se guían por la rentabilidad privada, y en consecuencia pueden tomar decisiones

que no son las que convienen al país. Lo ideal sería, por lo tanto, que los precios de mercado reflejaran los verdaderos precios sociales, pues en esa forma las decisiones privadas no serían solamente correctas desde el punto de vista del inversionista sino también desde el punto de vista del país.

Para que los precios privados coincidan con los sociales es necesario que no existan distorsiones en los mercados de bienes y servicios. En la medida que las distorsiones existan, los dos tipos de precios serán diferentes entre sí y por lo tanto será necesario estimar precios sociales para efectuar la evaluación socio-económica; estos últimos, reflejarían valores aproximados que la sociedad asigna a los bienes y servicios.

El precio social o sombra de un bien, se define como el valor del aumento (o disminución) en el producto social causado cuando se adiciona (o disminuye) una unidad del bien.

Para estimar precios sociales se pueden utilizar dos metodologías alternativas: los modelos globales de programación y el llamado método de las distorsiones, ambas descripciones teóricas se detallan a continuación.

2.5.1 Modelos Globales de Programación

Los modelos globales de programación tienden a representar el funcionamiento de la economía de un país a través de relaciones entre las variables económicas consideradas relevantes. Luego, teniendo en cuenta las restricciones existentes, se procura maximizar ciertos valores representativos de los fines que se persiguen. Los precios sociales son el conjunto de precios que hacen posible la maximización buscada.

Para un país, trabajar con modelos de este tipo suele resultar muy complicado, y se deben utilizar variables a nivel muy agregado, con lo que se pierden los precios de bienes específicos.

2.5.2 Método de las Distorsiones de Mercado

El método de las distorsiones parte del precio observado en el mercado del bien específico, se analizan las distorsiones existentes, se cuantifican esas distorsiones y en función de los resultados se estiman las correcciones para llegar al precio social.

Es decir, que se parte de la economía tal cual es en la realidad y no del ideal. A través del análisis del mercado del bien se pretende llegar, a partir del precio privado, al verdadero costo de oportunidad del bien, que es su precio social.

Este procedimiento contempla fundamentalmente lo relativo al problema de asignación de recursos (eficiencia).

2.6 PRINCIPIOS DE INGENIERÍA SANITARIA PARA DISEÑO DE PROYECTOS

A fin de considerar la importancia del parámetro "dotación media de diseño" y otros que están íntimamente relacionados al mismo, se resúmen los principales parámetros o criterios básicos en el diseño de sistemas de agua potable.

2.6.1 Parámetros Básicos de Diseño para Sistemas de Agua Potable ¹²

- Período de diseño: Es el horizonte para el cual se diseña el sistema, en general se consideran de 20 a 30 años, la elección está en función a factores tales como crecimiento poblacional, disponibilidad económica, vida útil de las estructuras y facilidad o dificultad de ejecución de la ampliación o instalación de las obras.
- Etapas de ejecución: Los servicios de abastecimiento de agua son de naturaleza dinámica, por lo que la consideración de dos o más etapas constructivas es un factor que permite ajustar el proyecto a las necesidades reales de la población.
- Dotación: Es la cantidad promedio de agua que se estima sea requerida para uso doméstico, industrial, comercial y público; estos consumos sumados a las pérdidas del sistema constituyen la dotación.

El principal parámetro a estudiarse, es el referido a la dotación media diaria de agua potable¹³. Dicha dotación es el principal parámetro para el dimensionamiento de los componentes de los sistemas de agua y alcantarillado. El siguiente cuadro muestra la norma de diseño -en vigencia- de la dotación media diaria.

¹² / El presente acápite es extractado de la siguiente bibliografía:

- MINISTERIO DE URBANISMO Y VIVIENDA, Normas de Diseño para Sistemas de Agua Potable, Dirección de Ingeniería Urbana, La Paz, Bolivia, 1976.
- MINISTERIO DE URBANISMO Y VIVIENDA, Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado Sanitario, Dirección de Ingeniería Urbana, La Paz, Bolivia, 1976.

¹³ / También se la denominará como "Dotación media de diseño" o "caudal medio".

Cuadro No. 3
Norma Boliviana para el dimensionamiento
de proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario

ZONA	DOTACION MEDIA (LITROS HABITANTE DIA)					
	POBLACION					
	Hasta 500 hab.	De 500 a 2.000	De 2.000 a 5.000	De 5.000 a 20.000	De 20.000 a 100.000**	Mas de 100.000 **
ALTIPLANICA	40*	40*-60	60 - 80	80 - 100	100 - 150	150 - 250
DE LOS VALLES	80*	60*-90	90 - 120	120 - 150	150 - 200	200 - 300
DE LOS LLANOS	80*	80*-120	120 - 150	150 - 200	200 - 250	250 - 350

* Abastecimiento por fuentes públicas solamente.

** Se usarán los valores inferiores para servicios medidos

FUENTE: MINISTERIO DE URBANISMO Y VIVIENDA. Normas de Diseño para Sistemas de Agua Potable, 1976.

En base a los valores considerados como "consumo medio diario" se determina el "consumo máximo diario" multiplicando dicho consumo por un coeficiente que varía entre 1.2 y 1.5 según las características de la población.

"El consumo máximo horario (de un día), se determinará multiplicando el consumo máximo diario por el coeficiente correspondiente al número de habitantes que se indica a continuación:"

Población	Coeficiente
Hasta 500 habitantes	2.20
De 500 a 2.000 habitantes	2.00
De 2.000 a 10.000 habitantes	1.80
De 10.000 habitantes adelante	1.50 a 1.80

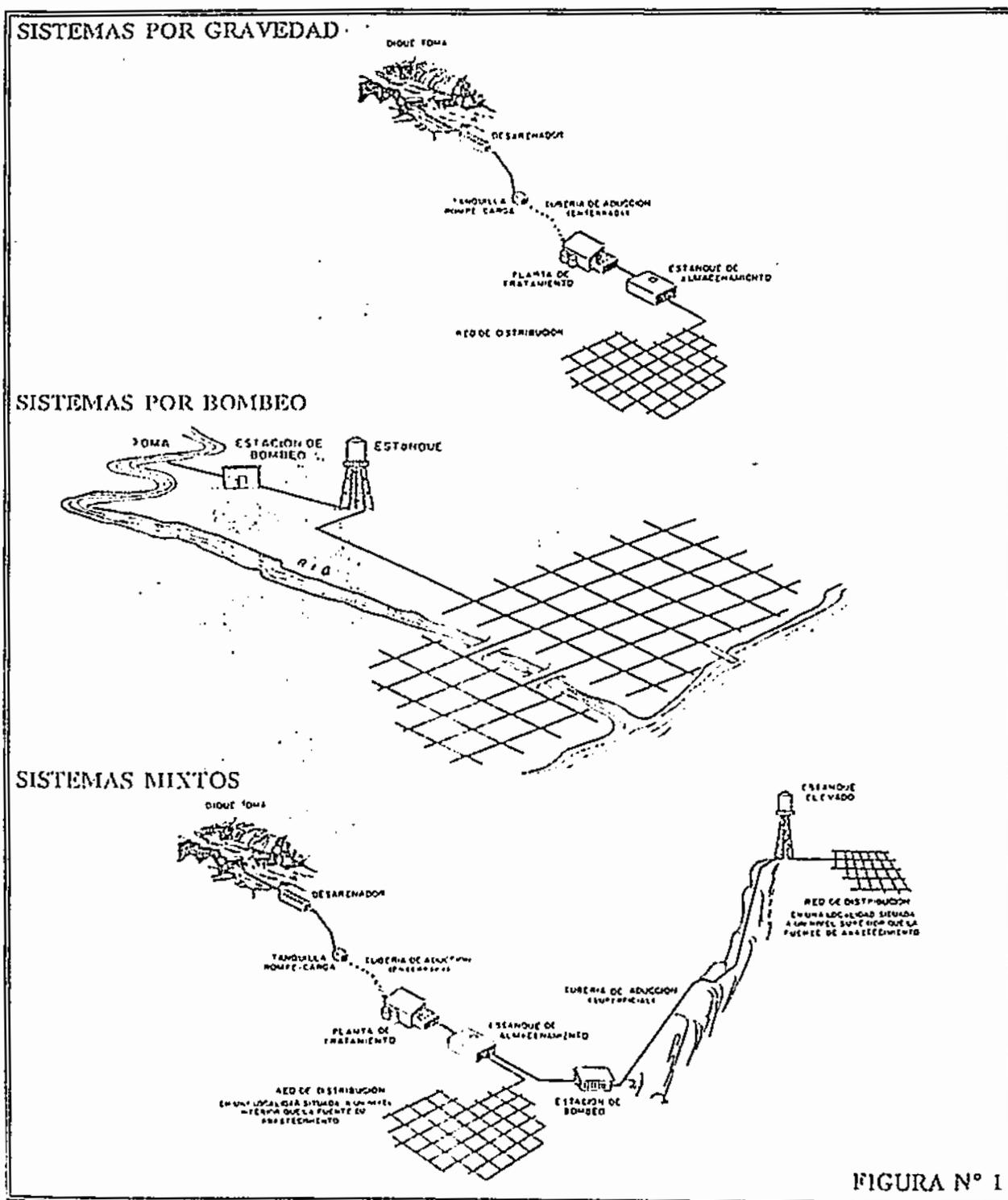
En base a estos caudales instantáneos se diseñan todos los componentes del sistema, que en general son:

- Obra de captación: Utilizando una fuente de abastecimiento que asegure como

mínimo un caudal base igual a superior al caudal máximo diario (Qmd) correspondiente al año horizonte del periodo de diseño.

- Planta de tratamiento: Cuando la calidad de agua es deficiente por su turbiedad, alta dureza u otro atributo que la sitúa como no potable de acuerdo a normas nacionales e internacionales, se hace imprescindible potabilizarla mediante un proceso de tratamiento acorde con las características del agua captada, el tratamiento mínimo es aplicar el proceso de desinfección.
- Aducción o transmisión: Dimensionada para conducir el caudal máximo diario (Qmd)
- Almacenamiento: Que permitirá regular las variaciones de la demanda y almacenar agua para casos de emergencia por un período de 4 o más horas de consumo.
- Red de distribución: Para conducir el agua desde las vías o calles hasta los domicilios mediante conexiones medidas con hidrómetros.
- Macro-medición y micro-medición: Todo sistema deberá registrar el agua producida y distribuida para efectos de control operacional y administrativo.

La Figura No. 1 de la siguiente página, muestra esquemas de sistemas de agua potable de acuerdo a si estos son por gravedad, bombeo o mixtos.



CAPITULO TERCERO

METODOLOGIA PARA LA COMPROBACION DE RESULTADOS

3.1 FUENTES DE INFORMACIÓN

El presente estudio comprende dos fuentes de información: la secundaria, obtenida de las Empresas de Agua Potable y Alcantarillado de algunas ciudades del país y encuestas socio-económicas, a las que llamaremos como información primaria, éstas fueron obtenidas de varias fuentes, pero con el mismo formato básico de información.

3.1.1 Encuestas Socio-económicas

En ANEXO I se adjunta la boleta de encuesta típica sobre la cual se aplicaron los cuestionarios socio-económicos; todas las boletas de encuesta, realizadas para las distintas ciudades, tienen características distintas en cuanto al modo de efectuar algunas preguntas, sin embargo, las preguntas que nos permitan medir el costo alternativo del agua, el consumo y la accesibilidad a los sistemas de agua y alcantarillado no difiere en ninguna de ellas.

3.1.1.1 Determinación del tamaño de muestra

Las encuestas fueron realizadas siempre con el fin de medir el costo alternativo del agua y averiguar sobre las principales condiciones socio-económicas de la población. Sin embargo, cada una de ellas tenía objetivos de cobertura distintos, en las ciudades mayores las encuestas fueron realizadas a ciertos barrios, en ciudades menores las encuestas abarcaron toda la población. A pesar de la restricción señalada, siempre se usó el mismo criterio para determinar el tamaño muestral: que cada

familia tenga la misma probabilidad de ser encuestada que cualquier otra, además que las encuestas se realicen por etapas de acuerdo a la condición sanitaria de la familia, es decir considerando las zonas que tenían agua más alcantarillado, solo agua o ningún servicio. La fórmula usada para determinar el tamaño muestral fue la siguiente:

$$n = \frac{N}{\left(\frac{e^2 (N-1)}{z^2 cv^2} \right) + 1}$$

donde:

n=Tamaño muestral

N=Población

e=Error muestral admitido

z=Nivel de confianza

cv=Cocficiente de variación

El valor obtenido, resultado de las principales variables de una encuesta preliminar, es sorteado aleatoriamente entre las viviendas de la ciudad objeto considerando su condición sanitaria.

3.1.1.2 Criterios para la regionalización de encuestas socio-económicas

En ANEXO II se adjuntan los mapas: político, orográfico, climático y una combinación de estos tres mapas de Bolivia. Para fines explicativos dichos mapas consideran la ubicación de las principales ciudades mayores a 5000 habitantes, objeto de la presente investigación. El mapa orográfico (No. 2), muestra las zonas montañosas y separa las principales zonas geográficas del país; el mapa climático, divide en cuatro grandes zonas climáticas al país, separando a su vez, en sub-zonas; finalmente, el Mapa No. 4, que es la combinación (sobrepuesta) de los mapas político, orográfico y climático, muestra el criterio utilizado en la presente investigación para clasificar los iso-consumos de agua en Bolivia.

De acuerdo al mapa No. 4 y considerando las ciudades donde se llevaron a cabo encuestas socio-económicas, la regionalización de la demanda por agua potable se muestra en el Cuadro No. 5. Dicho cuadro muestra además la fuente de información de las mismas:

Cuadro No. 5
Fuentes de Información y Regionalización del Consumo
de agua de acuerdo a condición climática

REGION	CIUDAD	FUENTE DE INFORMACION
1) Altiplano	El Alto Huanuni Potosí	S.T.C.V. - L.G.T.S. S.T.C.V. L.G.T.S.
2) Valles	La Paz Cochabamba Tarija Vallegrande Sucre Tupiza	L.G.T.S. S.T.C.V. S.T.C.V. F.N.D.R. COMSER COMSER
3) Llanos Orientales	Santa Cruz Montero Guayaratnerín Riberalta Cotoca San Ignacio de Velasco Trinidad Portachuelo	H&S.G&H.C. H&S.G&H.C. F.N.D.R. F.N.D.R. CID-INGENIEROS F.N.D.R. F.N.D.R.

FUENTE: (F.N.D.R.) Fondo Nacional de Desarrollo Regional
(S.T.C.V.) Servizi di Ingegneria Consulenza e Programmazione
(L.G.T.S.) Consorcio Lahmeyer International-Gitec-Tecnosan-Sico
(H&S.G&H.C.) Hazen and Sawyer - Greeley and Hansen - CAEM LTDA

3.1.2 Información Secundaria

A fin de complementar y/o corroborar los datos estimados a través de las encuestas socio-económicas muestrales, se recurre a información proveniente de las principales empresas de agua y alcantarillado del país. Esta información, sin embargo, no tiene el mismo formato de presentación, en algunas ciudades se tiene un panorama bastante claro del consumo de agua por condición socio-económica o de acuerdo a si están conectados o no, en otras ciudades esta información es muy parcial. A pesar de ello, en cada uno de los casos donde se disponía de información, se logró conseguir el dato más importante: el consumo per cápita de agua.

3.2 METODOLOGIA PARA LA ESTIMACION DE RESULTADOS

Para estimar una función de demanda se busca conseguir la máxima varianza de datos a fin de tener, a lo largo de la función, todas las posibilidades de consumo y resultados; es así que se estimaron entre dos y tres características de consumo bien definidas entre los distintos consumidores; las mismas son:

- Consumidores no conectados a ninguna red (agua y alcantarillado);
- Consumidores conectados solo a la red de agua potable;^{14 /}
- Consumidores conectados a la red de agua potable y alcantarillado sanitario.

Además cada grupo consumidor, estimado de acuerdo a su condición sanitaria o servicios básicos que posee, es separado considerando el criterio de pobreza que el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) utiliza para conceptualizarlos como tales, es decir

^{14 /} No se toman en cuenta consumidores conectados solo a la red de alcantarillado sanitario porque estos son muy pocos.

que su ingreso per cápita anual sea menor a Bs 3288^{15/}, en algunos casos se tomo en cuenta un índice de pobreza distinto de acuerdo a la fecha del levantamiento de la encuesta socio-económica.

Por ese motivo, de cada región podrán ser susceptibles de estimar hasta 6 funciones de demanda distintas, las cuales servirán para proyectar las necesidades de demanda de los siguientes grupos consumidores, de acuerdo a la necesidad específica de cada proyecto:

- 1).- Consumidores "pobres" conectados solo a la red de agua potable
- 2).- Consumidores "no pobres" conectados solo a la red de agua potable
- 3).- Consumidores "pobres y no pobres" conectados solo a la red de agua potable (Función de demanda general solo de agua potable).
- 4).- Consumidores "pobres" conectados a la red de agua potable y alcantarillado.
- 5).- Consumidores "no pobres" conectados a la red de agua potable y alcantarillado.
- 6).- Consumidores "pobres y no pobres" conectados a la red de agua potable y alcantarillado (Función de demanda general de conectados a la red de agua potable y alcantarillado).

3.2.1 Consumidores no conectados

Existen múltiples posibilidades para proveerse de agua, las que consideraremos a continuación se refieren a las más usuales y en las que es posible estimar cuantitativamente el consumo y el costo de adquirirla.

^{15/} El criterio nace de un estudio de pobreza que realiza el Banco Interamericano de Desarrollo en 1985, para ese año se cataloga como "pobre" aquella población que percibe un ingreso per cápita anual menor a Bs 2030; dicho ingreso, desde entonces, es actualizado con el Índice de Precios al Consumidor (IPC).

3.2.1.1 Estimación del Consumo y costo del agua

a) Consumidores acarreadores

Son los que tienen que salir fuera del área de su vivienda, donde realizan el consumo, caminar una distancia y acarrear el líquido elemento en recipientes. Para calcular el consumo de los no conectados a ninguna red se tomo en cuenta lo siguiente de cada una de las encuestas socio-económicas:

$$\text{Cantidad de acarreo por habitante} = (V \times R \times U \times N) / P$$

donde:

V = Número de viajes por día
 R = Capacidad del recipiente
 U = Número de recipientes por viaje
 N = Número de personas por viaje
 P = Número de personas en la familia

El costo de acarreo se lo estimó así:

$$\text{Costo de acarreo por M3} = \frac{I \times M \times 0.4464}{R \times U}$$

donde:

M = Minutos viaje ida y vuelta
 I = Jornal (\$us/día)
 0.4464 = Factores de conversión ^{16 /}

Vale la pena puntualizar que el costo de acarreo representa el costo por una unidad adicional (m³) de agua, por lo que se considera a este como el costo marginal (o medio) de proveerse de agua.

^{16 /}

El factor de 0,4464 viene dado por: 1/480 minutos diarios de trabajo x 5/7 días trabajados por semana x 1000 (para convertir a M3) por el 30%. El 30% representa el porcentaje máximo de liberación de recursos del grupo de acarreo.

b) **Consumidores con bomba de agua y tanque de almacenamiento**

En ciertas ciudades, donde la napa freática está a baja profundidad con acceso todo el año, existen este tipo de consumidores que bombean agua a un tanque de almacenamiento o directamente cuando se la requiere. Para el presente caso se supone que la bomba no es mayor a 1 HP y existe un tanque de almacenamiento. El consumo del grupo puede calcularse del siguiente modo:

$$\text{Consumo con boma eléctrica} = ((C \times L) / 7) / X$$

donde:

C =	Capacidad del tanque de almacenamiento (litros)
L =	Número de veces de llenado por semana
X =	Número de personas por conexión

El costo se lo estima de la siguiente manera:

$$\text{Valor del bombeo} = C \times 0.74 \times 60/T \times P$$

donde:

C:	Capacidad del tanque en litros
T:	Tiempo de llenado del tanque (min.)
0.74:	Transformación de 1 HP a Kw/hora
P:	Costo del Kw/hora en \$us

c) **Consumidores con pozo propio de agua**

Al igual que en el caso anterior son consumidores que tienen dentro de su propio lote acceso al agua, solo que sin bomba eléctrica ni tanque de almacenamiento

El consumo se lo estima así:

$$\text{Acarreo dentro del lote} = (R \times D) / N$$

donde:

R = Capacidad del recipiente del pozo
D = Número de recipientes sacados-día
N = Número de personas en la familia

El costo del acarreo dentro del lote se lo estima así:

$$\text{Costo de acarreo de pozo} = I / 28800 \times ((M \times 60) + S) / R$$

donde:

I = Valor del jornal o ingreso per cápita diario (\$us x día / 28800 (segundos al día trabajados 60x60x8)
M = Minutos en sacar agua
S = Segundos en sacar agua
R = Capacidad del recipiente (litros)

d) Consumidores compradores de agua

El consumo de este grupo se origina por la compra de carros cisternas, vendedores domiciliarios, etc. Para calcular el consumo per cápita se deberá calcular:

$$\text{Consumo Per cápita por Compra} = ((F \times Q) / N) / 30$$

donde:

F = Frecuencia de la compra (veces x mes)
Q = Cantidad de la compra x vez (l)
N = Número de personas en la familia

El costo de la compra se lo estima así:

$$\text{Valor de la compra} = P \times Q$$

donde:

P = Precio Unitario de la compra (\$us/l)
Q = Cantidad de la compra (l)

3.2.2 Consumidores Conectados

El procedimiento más usual aplicado para cuantificar el consumo fue revisar los

registros de cada consumidor encuestado en la misma empresa o cooperativa de agua, de manera que el registro del consumo mensual de agua, a usarse en la función de demanda, sea el promedio mensual del consumo registrado durante todo un año. De esa manera se evitan sesgos de consumo ocasionados por las variaciones climáticas (estacionalidad del consumo).

Para la estimación de tarifas del agua se aplicó un procedimiento similar, sin embargo, vale la pena puntualizar que para la estimación de la función de demanda solo se tomó en cuenta la porción variable de la tarifa ya que los consumidores solo reaccionan a ésta y no a la porción fija.¹⁷

Las diferencias de consumo para consumidores conectados también a la red de alcantarillado sanitario, en la curva de la demanda, se estimaron como variables dicotómicas (o dummy), es decir la variable toma el valor uno (1) si el encuestado posee alcantarillado sanitario (u otra solución sanitaria aceptable) o cero (0) si no lo posee.

3.3 REGRESIONES EMPLEADAS

3.3.1 Determinación de la Demanda por Agua Potable

La demanda de agua puede definirse como: *la cantidad máxima demandada del bien dado un precio determinado*. De modo que a mayor precio se demanda menos cantidad de agua, esta relación inversa entre precio y cantidad de agua

¹⁷ / Sea la tarifa de agua (T), conformada por una parte fija (c) -Bs por servicio mensual- y otra parte variable (v) Bs por m³ de agua consumida (Q). La factura mensual será $T = c + vQ$. El precio medio total del agua será T/Q . Se demuestra, maximizando la función (se deriva $\partial T/\partial Q$), que el consumidor reacciona al cargo variable (v) y no a T/Q al determinar su consumo por período, ya que el punto de máxima satisfacción es igual al costo marginal para el consumidor (v).

demandada implica una elasticidad precio negativa; en cuanto al efecto del ingreso de las personas sobre la demanda, se deduce que un bien normal tiene una elasticidad ingreso positiva (a mayor ingreso de las personas se demanda una mayor cantidad de producto). Existen otros bienes complementarios al uso de agua potable, el principal es la instalación de una adecuada disposición final de aguas residuales (alcantarillado sanitario o cámaras sépticas) de modo que el uso de estas instalaciones aumenta la cantidad demandada del bien. Considerando las definiciones hechas podemos expresar la función de demanda por agua potable de la siguiente manera:

$$Q = f(P, I, A)$$

donde:

- Q: Consumo de agua per cápita mes (m³.l)
- P: Precio o tarifa (m³.l)
- I: Ingreso Per cápita mes
- A: Disposición o no del usuario a la evacuación adecuada de aguas residuales (1=tiene; 0=no tiene)

3.3.1.1 Análisis de regresiones

Inicialmente se plantea la función en forma lineal y se la expresa así:

$$Q = a + bP + cI + dA$$

donde:

- Q: Consumo de agua per cápita mes
- P: Precio o tarifa por metro cúbico
- I: Ingreso Per cápita mes
- A: Disposición u no del usuario a la evacuación adecuada de aguas residuales (1=tiene; 0=no tiene)
- b: Variación en la demanda por cambios en el precio.
- c: Variación en la demanda por cambios en el ingreso.
- d: Variación en la demanda por disponer de alcantarillado.

Otra posibilidad de análisis es la regresión exponencial, se la define del siguiente modo:

$$Q = e^a P^b I^c e^{dA}$$

donde:

- Q, P, I y A se definen igual que en el caso lineal, y
- b: elasticidad precio de la demanda^{18/}
- c: elasticidad ingreso de la demanda
- d: diferencia porcentual entre el consumo con y sin disposición adecuada de aguas residuales.
- e: número de la función exponencial (2.71828)

Linealizando la función y expresandola en logaritmos neperianos se la escribe del siguiente modo:

$$\log Q = e^a + b \log P + c \log I + e^{dA}$$

Para mejorar el ajuste de la regresión y posibilitar en una sola función visualizar los cambios en la demanda del consumo de agua, debido a cambios en los factores anotados como más importantes, se realizan combinaciones entre dichos terminos de manera que en su forma logarítmica la regresión se escriba:^{19/}

(Ecuación 2)

$$\log Q = e^a + b \log P + c \log I + e^{dA} + a_1 \log P \log I + a_2 \log P A + a_3 \log I A + a_4 \log P \log I A$$

Dicha regresión permite estimar las elasticidades precio, ingreso y el cambio porcentual en el consumo debido a la disposición adecuada de aguas negras, de la siguiente manera:

- Los cambios en la elasticidad precio (ϵ) debido a cambios en el Ingreso (I) o a poseer o no Alcantarillado (A) se expresan así:

^{18/} La demostración de esta afirmación es la siguiente: La elasticidad precio se define como $\epsilon = \partial Q / \partial P \times P / Q$ (1); La función exponencial: $Q = a P^b$ (2); Derivando en (2) $\partial Q / \partial P = b a P^{b-1}$ (3); reemplazando (3) y (2) en (1) tenemos: $\epsilon = b a P^{b-1} P / a P^b = b$

^{19/} El análisis de derivadas se realiza solo en la función exponencial linealizada (doble logarítmica) porque, como más adelante se demostrará, es en dicha función donde se consigue un mayor ajuste de la regresión (R^2).

$$\frac{\partial \log Q}{\partial \log P} = b + a1 \log I + a2A + a4 \log IA$$

- Si el análisis se lo realiza para un sistema donde no existe alcantarillado ($A = 0$) la derivada parcial se reduce a:

$$\frac{\partial \log Q}{\partial \log P} = b + a1 \log I$$

- Para estimar el cambio en la elasticidad ingreso la diferencial se expresa:

$$\frac{\partial \log Q}{\partial \log I} = c + a1 \log P + a3A + a4 \log PA$$

- Sin alcantarillado, la elasticidad ingreso de la demanda de agua cambia:

$$\frac{\partial \log Q}{\partial \log I} = c + a1 \log P$$

- La contribución del alcantarillado (o saneamiento adecuado) se expresa:

$$\frac{\partial \log Q}{\partial A} = a2 \log P + a3 \log I + a4 \log P \log I$$

La posibilidad de obtener resultados, es decir distintas elasticidades o la variación porcentual de la disposición adecuada de aguas negras, depende del ajuste de las variables independientes a la variable dependiente; en algunos casos las variables independientes -descritas en la *ecuación 2*- no son lo suficientemente explicativas del consumo de agua (variable dependiente) por lo que su aceptación a la regresión es rechazada. En otros casos la función combinada no es aceptada del todo, por lo que se recurre a utilizar la función que mayor ajuste tenga considerando o no, la contribución del alcantarillado al consumo de agua.

CAPITULO CUARTO

RESULTADOS

4.1 DEMANDA POR AGUA POTABLE EN AREAS URBANAS DE BOLIVIA

Todos los antecedentes y todas las acciones precedentes a este capítulo, han estado en función a mostrar la importancia que tiene el agua y el alcantarillado en la prevención de la salud de la población; se estimaron las inversiones necesarias en el sector (Cuadro No. 4), para obtener hasta el año 2000, una moderada Tasa de Mortalidad Infantil en Menores de 5 años; finalmente, se propuso la discusión que las inversiones que se realizan en agua y alcantarillado están sobredimensionadas en Bolivia, porque la norma de ingeniería de diseño, referencia básica para el dimensionamiento de obras civiles, no sigue una pauta socio-económica y no está de acuerdo a la realidad boliviana.

El siguiente análisis pretende demostrar esta última afirmación, para ello se recurrirá a encuestas socio-económicas tomadas en distintas ciudades de Bolivia, se las procesará con los métodos anotados en el Capítulo 3 (3.3.1.1) y se obtendrán resultados econométricos que luego serán contrastados con registros medidos de algunas empresas de agua que operan en el país.

4.1.1 Poblaciones del Altiplano Boliviano

El siguiente análisis esta basado en encuestas socio-económicas levantadas en las ciudades de El Alto, Potosí y Iruanuni. El análisis de registros medidos considera solo a la ciudad de El Alto ya que dicha ciudad cuenta con medición, suministro continuo las 24 horas, una moderada cobertura de alcantarillado y una tarifa por metro cúbico adicional de agua.

4.1.1.1 Encuestas socio-económicas

Sobre 1652 encuestas, los siguientes datos socio-económicos sirvieron para determinar la función de demanda:

Cuadro No. 6
Estadísticas descriptivas del Altiplano boliviano

	VARIABLE	POBRES Y NO POBRES	POBRES	NO POBRES
TODA LA MUESTRA CONECTADOS Y NO CONECTADOS	- Número de Casos - # Habitantes por Conexión - Ingreso Percapita mensual - Ingreso Familiar mensual	1652 (100%) 6.59 141.13 627.92	1413 (82.7%) 6.81 98.74 501.70	239 (17.3%) 5.28 389.62 1367.82
NO CONECTADOS	- Número de Casos - # Habitantes por Conexión - Ingreso Percapita - Ingreso Familiar	585 (35.4%) 6.74 102.56 482.47	533 (33%) 6.89 85.09 441.88	32 (2.4%) 4.22 399.60 1172.52
SOLO CONECTADOS AL AGUA	- Número de Casos - # Habitantes por Conexión - Ingreso Percapita - Ingreso Familiar	514 (30%) 6.55 125.52 566.05	470 (26.5) 6.70 98.87 497.48	44 (3.5%) 4.89 408.40 1293.75
CONECTADOS AL AGUA Y ALCANTARILLADO	- Número de Casos - # Habitantes por Conexión - Ingreso Percapita - Ingreso Familiar	539 (34.6%) 6.46 197.73 844.14	377 (23.2%) 6.82 118.67 591.84	162 (11.4%) 5.61 383.10 1431.27

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados alcanzados permiten determinar la función de demanda para cada categoría de consumidor doméstico. Los principales resultados de las regresiones generales: lineal (N° 1) y exponencial (N° 2), son los siguientes:²⁰¹

²⁰¹ / La siguiente regresión y las próximas fueron procesadas con el uso del paquete estadístico StatPac Gold Statistical Analysis Package.

Regresión N° 1

FUNCION LINEAL GENERAL AGUA Y ALCANTARILLADO					

Regresión Múltiple para predecir : Consumo Per cápita de Agua					

Lista de Variables - Variables Descriptivas					
Var.	Nombre de la variable	Media	Desviación Standard		
DV87	Consumo Perc. Agua	54.3526	62.2621		
V90	Casos Agua x m3	3.9266	12.3973		
V83	Ingreso Percapita	140.1092	143.2615		
V91	EVACUACIÓN ADECUADA	0.3347	0.4720		
Estadísticos de la Regresión					
Coeficiente de determinación múltiple = 0.1219					
Coeficiente de correlación múltiple = 0.3491					
Standard error del estimador múltiple = 59.0552					
F-Ratio = 76.2250 Número de Casos Válidos = 1652					
Grados de libertad = 3 & 1648 Número de Casos Perdidos = 0					
Probabilidad de chance = 0.0000 Porcentaje de Respuestas = 100.00%					
Coeficientes de la Regresión					
Var.	Coeff.	Beta	F-ratio	Prob.	Std. Error
V90	-0.2758	-0.0543	5.3498	0.0288	0.1192
V83	0.0628	0.1430	35.4304	0.0000	0.0106
V91	35.6809	0.2675	120.1302	0.0000	3.2554
Const.	34.6889		235.6254	0.0000	2.2598

Regresión N° 2

FUNCION EXPONENCIAL GENERAL AGUA Y ALCANTARILLADO					

Regresión Múltiple para predecir : Logaritmo del Consumo Per cápita de Agua					

Lista de Variables - Variables Descriptivas					
Var	Variable label	Mean	Standard Dev.		
DV93	Log. Cons. Per	3.6613	0.9410		
V92	Log. Ing. Per	4.6605	0.7437		
V94	Log. Cost. Agua	0.2954	1.2368		
V91	EVACUACIÓN ADECUADA	0.3547	0.4786		
Estadísticos de la Regresión					
Coeficiente de determinación múltiple = 0.2513					
Coeficiente de correlación múltiple = 0.5013					
Standard error del estimador múltiple = 0.8151					
F-Ratio = 170.5312 Número de Casos Válidos = 1528					
Grados de libertad = 3 & 1524 Número de Casos Perdidos = 124					
Probabilidad de chance = 0.0000 Porcentaje de Respuestas = 92.40%					
Regression Coefficients					
Var.	Coeff.	Beta	F-ratio	Prob.	Std. Error
V92	0.2160	0.1707	51.7122	0.0000	0.0300
V94	0.2419	-0.3180	169.7791	0.0000	0.0186
V91	0.3542	0.1802	49.0331	0.0000	0.0506
Const.	2.6034		390.5485	0.0000	0.1317

Los resultados muestran que la regresión exponencial (doble logarítmica) es la

que mejor ajuste tiene ya que por una parte el coeficiente de correlación múltiple (R^2) es mayor (0,2513 versus 0,1219 en la función lineal); los indicadores de ajuste de los coeficientes de la regresión (F-ratio)²¹ también tienen un mayor ajuste respecto a la regresión lineal. Dichos indicadores permiten asegurar que los consumos se distribuyen de forma exponencial, de manera que podemos expresar en forma combinada, una curva de demanda general para estimar el consumo de agua en función de las elasticidades precio, ingreso y contribución del saneamiento de la siguiente manera:

$$\log Q = c^a + b \log P + c \log I + e^{dA} + a1 \log P \log I + a2 \log P A + a3 \log I A + a4 \log P \log I A$$

Los principales valores obtenidos se expresan de acuerdo a los siguientes resultados estimados a través del paquete de computador:

Regresión N° 3

REGRESION MULTIPLE PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE AGUA EN EL ALTIPLANO DE BOLIVIA

Regresión Múltiple doble logarítmica			

Regresión Múltiple para predecir: Logaritmo del Consumo Percápita (Log_Cons_Per)			

Lista de Variables - Estadísticas Descriptivas			
Var.	Nombre de la Variable	Median	Desviación Standard
DV93	Log_Cons_Per	3.6643	0.9410
V92	Log_log_Per (Log Ingreso Percapita)	4.6605	0.7437
V94	Log_Cost_Agua (Log Costo o precio del Agua)	0.2954	1.2368
V95	a1 ly Ip (Log Ingreso x Precio)	1.2172	5.7043
V97	a3 ly A (Log Ingreso x Alcantarillado)	1.7801	2.4409
V98	a4 lplyA (Log Precio x Ingreso x Alcantar.)	-0.7156	1.1959

²¹ / F-ratio = t^2 ó $t = \sqrt{F\text{-ratio}}$

Estadísticos de la Regresión

Coeficiente de determinación múltiple (R^2) = 0.2559

Coeficiente de correlación múltiple (R) = 0.5059

Error Standard del estimador múltiple (Γ) = 0.8131

F-Ratio = 104.7026 Número de casos válidos = 1528

Grados de Libertad = 5 & 1522 Número de casos en blanco = 124

Chance de Probabilidad = 0.0000 Porcentaje de Respuestas = 92.49 %

Coeficientes de la Regresión

Var.	Coeff.	Beta	F-ratio	Prob.	Error Std.
V92	0.1670	0.1320	26.9170	0.0000	0.0322
V94	-0.6804	-0.8942	31.7600	0.0000	0.1207
V95	0.0964	0.5844	13.3890	0.0003	0.0263
V97	0.0660	0.1713	17.3907	0.0000	0.0158
V98	-0.0268	-0.0341	0.7476	0.3874	0.0310
Const.	2.8328		470.9612	0.0000	0.1305

Fuente: Elaboración Propia

La función de demanda general para el altiplano de Bolivia se expresa:

$$\log Q = 25.52^{221} - 0.6804 \log P + 0.1670 \log I + 0.0964 \log I \log P \\ + 0.0660 \log I A - 0.0268 \log P \log I A$$

Derivando parcialmente la función respecto al precio, ingreso y al alcantarillado se obtienen los siguientes coeficientes de la regresión para cada caso:

22 / Por sesgo de transformación de convertir de logaritmos neperianos a números naturales se aplica el siguiente ajuste de la constante corregida (a^*): $a^* = e^{(r/m)} \times \text{antilog } a$

Cuadro N° 7
Constantes de la regresión para determinar el consumo de agua de acuerdo a condición sanitaria y socio-económica de la población

COEFICIENTE DE LA REGRESION	CON ALCANTARILLADO			SIN ALCANTARILLADO		
	GENERAL	POBRES	NO POBRES	GENERAL	POBRES	NO POBRES
Elasticidad Precio -b- (1)	-0.312	-0.348	-0.2664	-0.215	-0.2375	-0.101
Elasticidad Ingreso -c- (3)	0.2175			0.1455		
Variación Alcantarill. -d- (3)	0.3805	0.343	0.4282			
Constante o Intercepción -a*-	25.52					
Consumo l/h/d (2)	126.4	109.7	151.5	54.1	52.5	62.6
Costo unitario conexión/mcs	24.50	22.44	25.50	10.63	10.55	9.18

- (1): Se calcula en base a los ingresos registrados para los distintos estratos socio-económicos consignados en el cuadro No. 5
 (2): El consumo se lo calcula reemplazando los datos del cuadro 4.1 en la función exponencial: $Q = e^{a} P^{b} I^{c}$
 (3): El costo del agua es Bs 11.8/m³, es el costo promedio doméstico del consumo incremental de acuerdo a la tarifa de SAMAPA

4.1.1.2 Registros medidos

Los resultados de la función de demanda son contrastados con los registros medidos del Servicio Autonomo Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SAMAPA), que es en este caso la única empresa, de las consideradas en la muestra, que tiene registros de usuarios medidos. Los principales resultados que pueden extraerse de las estadísticas de consumo son los siguientes:

CUADRO No. 8
CONSUMIDORES DOMESTICOS CONECTADOS Y CON SISTEMA MEDIDO

RESUMEN GENERAL 1995 POR MESES Y CONSUMIDORES DOMESTICOS CONECTADOS MEDIDOS	DETALLE PARA JULIO DE 1995			CONSUMO MEDIDO DOMESTICO POR SISTEMAS, CATEGORIAS Y POR BARRIOS PRINCIPALES		
	Enero	Abril	Julio	PANDANET	ACIACAPICALA	EL ALTO
Conexiones	94.685	96.257	99.189	21.982	16.696	58.416
Consumo total m ³	2.051.417	2.801.868	1.989.857	788.748	616.677	626.436
Promedio cna/m ³	21.67	29.86	19.80	29.46	38.11	10.72
Habitantes o cna	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77
Consumo l/h/d	186.68	107.70	177.86	145.87	182.71	52.80
Tarifa Promedio	0.79	0.8	0.8	0.88	0.81	0.68
CONSUMIDORES DOMESTICOS PERIFERICOS				V. SAN ANTONIO	PURA PURA	MESSEA
Conexiones	68.880	69.462	71.272	4.874	1.754	84.813
Consumo total m ³	902.785	866.661	865.018	69.545	17.112	471.767
Promedio cna/m ³	13.26	12.48	11.97	14.22	21.26	9.46
Habitantes o cna	6.98	6.98	6.98	6.98	6.28	6.98
Consumo l/h/d	63.32	59.58	57.16	68.14	101.04	45.16

FUENTE: SAMAPA. Elaboración Propia

Los resultados muestran cierta estacionalidad al consumo, es decir que el cambio de temperatura entre los meses fríos de invierno y los templados de verano producen variaciones agregadas en el consumo de agua y se traducen en cambios

en la demanda media de los usuarios domésticos de hasta 9 litros (entre enero y julio) por habitante al día (l/h/d). Los consumidores domésticos periféricos consumen alrededor de 60 l/h/d como promedio ponderado, sin considerar si tienen o no alcantarillado.

Los consumos están fuertemente influenciados por el ingreso de las personas, como se demuestra en relación al barrio donde se realiza éste. En barrios de consumidores domésticos periféricos los consumos fluctúan entre 45 l/h/d (meseta de El Alto) hasta los 100 l/h/d (Pura Pura), estos consumos también están influenciados por la cobertura de alcantarillado sanitario de cada zona que en El Alto alcanza a solo 30% y en la zona de Pura Pura supera el 70%;

Estas diferencias se aprecian por bloques de consumo en el Cuadro N° 9, donde se consideraron solo a los consumidores de la categoría doméstica general y a los más numerosos dentro de ésta: los consumidores domésticos periféricos. La categoría doméstica general considera a toda la red de servicio de SAMAPA, es decir El Alto y La Paz.

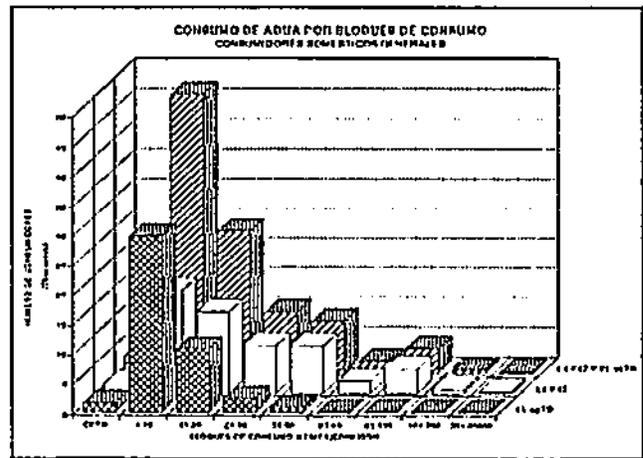
CUADRO N° 9
CONSUMO CATEGORIA DOMESTICA GENERAL Y DOMESTICA PERIFERICA
MES DE JULIO 1995

URBES	CATEGORIA	CONSUMO	CRRO	1-18	11-20	21-38	31-50	51-68	61-138	151-100	361-1888
	CATEGORIA DOMESTICA GENERAL										
TOTAL GENERAL		NUMERO DE CONEXIONES PROMEDIO M ³ /CONEXION HABITANTES POR CONEXION CONSUMO L/H/D PORCENTAJE DE CONSUMIDORES	2912	46645 5.61 6.77 27.62 47.07%	23937 14.71 6.77 22.43 14.16%	18620 24.52 6.77 123.70 18.19%	8601 38.87 6.77 291.38 8.68%	1913 55.89 6.77 271.25 1.99%	4129 86.43 6.77 248.11 4.17%	514 288.64 10.00 232.93 0.58%	321 839.47 180.00 185.42 0.27%
CIUDAD DE LA PAZ		NUMERO DE CONEXIONES PROMEDIO M ³ /CONEXION HABITANTES POR CONEXION CONSUMO L/H/D PORCENTAJE DE CONSUMIDORES	1463	16934 5.91 6.77 19.26 31.20%	13454 15.08 6.77 14.25 24.77%	7882 25.08 6.77 111.89 14.52%	1821 39.88 6.77 192.42 14.41%	1914 55.11 6.77 271.34 1.51%	4037 15.49 6.77 249.25 7.44%	560 200.76 18.88 223.87 1.82%	215 192.16 188.88 146.01 0.40%
CIUDAD DE EL ALTO		NUMERO DE CONEXIONES PROMEDIO M ³ /CONEXION HABITANTES POR CONEXION CONSUMO L/H/D PORCENTAJE DE CONSUMIDORES	1449	29711 5.42 6.77 26.69 66.10%	18483 14.25 6.77 38.16 23.35%	2217 24.38 6.77 120.04 4.95%	780 36.81 6.77 181.38 1.74%	59 54.54 6.77 248.54 8.12%	92 84.48 12.00 212.67 0.71%	14 195.72 10.00 217.69 0.82%	8 2092.88 70.88 187.41 8.82%
	CATEGORIA DOMESTICA PERIFERICA										
TOTAL GENERAL		NUMERO DE CONEXIONES PROMEDIO M ³ /CONEXION HABITANTES POR CONEXION CONSUMO L/H/D PORCENTAJE DE CONSUMIDORES	2248	42923 5.56 6.77 23.98 59.15%	18195 14.49 6.77 31.24 15.44%	5541 24.56 6.77 121.42 7.67%	2926 38.87 6.77 287.44 4.12%	458 54.88 6.77 269.82 8.61%	688 82.41 12.00 228.92 8.94%	58 195.72 10.00 217.69 8.81%	37 1218.29 180.00 225.61 9.82%
CIUDAD DE LA PAZ		NUMERO DE CONEXIONES PROMEDIO M ³ /CONEXION HABITANTES POR CONEXION CONSUMO L/H/D PORCENTAJE DE CONSUMIDORES	699	12287 6.77 27.18 44.75%	7987 6.77 72.91 28.77%	3324 6.85 122.35 12.11%	2196 38.51 6.77 189.61 8.88%	399 54.84 6.77 218.61 1.45%	588 82.48 12.00 228.80 7.14%	44 195.72 10.00 217.69 8.16%	7 142.86 180.00 81.79 8.81%
CIUDAD DE EL ALTO		NUMERO DE CONEXIONES PROMEDIO M ³ /CONEXION HABITANTES POR CONEXION CONSUMO L/H/D PORCENTAJE DE CONSUMIDORES	1449	29711 5.42 6.77 26.69 66.10%	18483 14.15 6.77 38.16 23.35%	2217 24.38 6.77 120.04 4.95%	780 36.81 6.77 181.38 1.76%	59 54.54 6.77 248.54 8.13%	92 84.48 12.00 212.67 0.71%	14 195.72 10.00 217.69 0.81%	8 2092.88 70.88 187.41 8.92%

Fuente: SAMAPA
Adaptación Propia

Gráfico N° 1

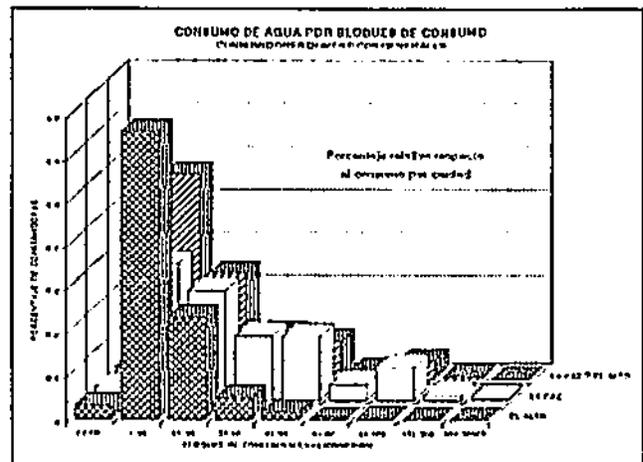
La mayor parte de los consumidores domésticos de El Alto (66%) se encuentra en un rango de consumo que no supera los 10 m³ por conexión al mes (m³/cnx/mes) o menos de 30 l/h/d. La situación no es mejor para La Paz ya que un 47% de los consumidores está



dentro de ese rango. La diferencia principal en el consumo de agua entre las dos ciudades, está en los rangos de consumidores que superan los 20 m³/cnx/mes. El gráfico N° 1 muestra el número de consumidores existentes por rango de consumo.

Gráfico N° 2

El gráfico N° 2 muestra la incidencia porcentual de consumidores respecto a cada bloque de consumo y por ciudad. Puede apreciarse la elevada incidencia de los consumidores que no superan los 10 m³/cnx/mes.



4.1.2 Poblaciones de los Valles de Bolivia

El siguiente análisis está basado en encuestas socio-económicas levantadas en las ciudades de La Paz, Cochabamba, Sucre, Vallegrande, Tupiza y Tarija. Los análisis de registros medidos considera solo a las ciudades de La Paz, Cochabamba y Sucre ya que dichas ciudades cuentan con medición, una cobertura adecuada de alcantarillado y una tarifa por metro cúbico adicional de agua. Las ciudades de La Paz y Sucre cuentan con suministro continuo las 24 horas por lo que sus registros medidos representan puntos sobre la función de demanda, sin embargo los consumidores de Cochabamba tienen el consumo muy restringido por falta de oferta continua todo el día, por ese motivo en Cochabamba solo se consideraron dentro de la muestra, los consumidores que tienen instalados tanques de almacenamiento con lo cual subsanan su racionamiento casi por completo.

4.1.2.1 Encuestas socio-económicas

Sobre 1085 encuestas, los siguientes datos socio-económicos sirvieron para determinar la función de demanda:

Cuadro No. 10
Estadísticas descriptivas valles bolivianos

GRUPO BENEFICIARIO	VARIABLE	POBRES Y NO POBRES	POBRES	NO POBRES
TODA LA MUESTRA CONECTADOS Y NO CONECTADOS	- Número de Casos	1085 (100%)	791 (72.9%)	294 (27.1%)
	- # Habitantes por Conexión	6.94	7.10	6.51
	- Ingreso Per cápita mensual	205.76	110.16	458.75
	- Ingreso Familiar mensual	885.31	556.34	1756.95
NO CONECTADOS	- Número de Casas	382 (35.2%)	358 (33.0%)	24 (2.2%)
	- # Habitantes por Conexión	6.64	6.66	6.29
	- Ingreso Per cápita	117.86	101.10	365.80
	- Ingreso Familiar	528.89	504.84	885.63
SOLO CONECTADOS AL AGUA	- Número de Casos	232(21.4%)	169 (15.6)	63(5.8%)
	- # Habitantes por Conexión	7.42	7.62	6.89
	- Ingreso Per cápita	198.38	112.52	421.89
	- Ingreso Familiar	853.69	553.17	1636.00

CONECTADOS AL AGUA Y ALCANTARILLADO	- Número de Casos	453 (41.7%)	251 (23.1%)	202 (18.6%)
	- # Habitantes por Conexión	6.96	7.39	6.43
	- Ingreso Per cápita	282.62	120.74	479.75
	- Ingreso Familiar	1204.62	631.10	1903.07
CON EVACUACIÓN ADECUADA SIN CONEXIÓN AGUA		18	13	5

Fuente: Elaboración Propia

Los resultados alcanzados permiten determinar la función de demanda para cada categoría de consumidor doméstico. Los principales resultados de las regresiones generales: lineal (N° 4) y exponencial (N° 5), son los siguientes:

Regresión N° 4

DEMANDA GENERAL AGUA MAS ALCANTARILLADO		VALLES DE BOLIVIA			
Regresión Múltiple para Predecir : Consumo Per cápita Total		Regresión Lineal			
Lista de Variables - Estadísticas Descriptivas					
Var.	Lista de Variables	Medía	Desv. Standard		
V87	Consumo Pere Total	81.9885	98.6349		
V82	Ingreso Pere	203.4621	216.9938		
V90	Costo m3 total	4.3059	7.0132		
V84	Evacuación Adecuada	0.4340	0.4959		
Estadísticos de la Regresión					
Coeficiente de determinación múltiple (R ²) = 0.2205					
Coeficiente de correlación múltiple (R) = 0.4695					
Standard error del estimador múltiple (S) = 87.2064					
F Ratio = 101.7255 Número de casos válidos = 1083					
Grados de libertad = 3 & 1079 Número de casos en blanco = 2					
Probabilidad de chance = 0.0000 Porcentaje de Respuestas = 99.82%					
Coeficientes de la Regresión					
Var.	Coefl.	Beta	F-ratio	Pmb.	Std. Error
V82	0.1109	0.2439	74.6727	0.0000	0.0128
V90	-1.9434	-0.1382	22.0264	0.0000	0.4141
V84	50.5561	0.2542	69.8184	0.0000	6.0505
Const.	45.8559		95.0528	0.0000	4.7034

Regresión N° 5

Regresión Múltiple para Predecir : Log. del Consumo Per cápita Total			Regresión Exponencial		

Lista de Variables - Estadísticas Descriptivas					
Var.	Lista de Variables	Media	Desv. Standard		
DV93	Log. Con. Agri	3.8381	1.1164		
V91	Log. Ing. Per cápita	4.9700	0.8191		
V92	Log. Cos. x m ³ mt	0.5458	1.2501		
V84	Evacuación Adecuada	0.4358	0.4961		
Estadísticas de la Regresión					
Coeficiente de determinación múltiple (R ²) = 0.4759					
Coeficiente de correlación múltiple (R) = 0.6899					
Standard error del estimador múltiple (S) = 0.8094					
F Ratio = 321.7566		Número de casos válidos = 1067			
Grados de Libertad = 3 & 1063		Número de casos en blanco = 18			
Probabilidad de chance = 0.0000		Porcentaje de Respuestas = 98.34 %			
Coeficientes de la regresión					
Var.	Coeff.	Beta	F-ratio	Prob.	Std. Error
V91	0.3296	0.2491	111.3714	0.0000	0.0322
V92	-0.3362	-0.3764	210.3135	0.0000	0.0232
V84	0.6190	0.2750	106.4811	0.0000	0.0600
Const.	2.0641		179.9194	0.0000	0.1539

Al igual que en el caso visto en la región altiplánica, los resultados de la región de los valles muestra que la regresión exponencial (doble logarítmica) es la que mejor ajuste tiene ya que por una parte el coeficiente de correlación múltiple (R²) es mayor (0,4759 versus 0,2205 en la función lineal); los indicadores de ajuste de los coeficientes de la regresión (F-ratio) también tienen un mayor ajuste respecto a la regresión lineal. Dada la función general planteada en combinaciones de la forma doble logarítmica, los principales resultados se expresan de la siguiente manera:

Regresión N° 6

REGRESION MULTIPLE PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE AGUA EN LOS VALLES DE BOLIVIA

***** Regresión Múltiple para Pcedecir : Log. del Consumo Per cápita Total Regresión Exponencial *****					
Lista de Variables - Estadísticas Descriptivas					
Var.	Lista de Variables	Media	Desv. Standard		
DV93	Log_Con_Agu	3.7189	1.1100		
V91	Log_Ing_Per	4.9490	0.7572		
V92	Log_Cos_x_m3_tot	0.7746	1.4144		
V95	a2_ly_A	-0.0668	0.4057		
V96	a3_ly_A	2.2625	2.6826		
V94	a1_ly_lp	3.4292	6.5755		
V97	a4_ly_lp_A	-0.3551	2.0505		
Estadísticos de la Regresión					
Coeficiente de determinación múltiple (R ²) = 0.6619					
Coeficiente de correlación múltiple (R) = 0.8136					
Standard error del estimador múltiple (I') = 0.6473					
F-Ratio	= 336.6953	Número de casos válidos	= 520		
Grados de Libertad	= 3 & 516	Número de casos perdidos	= 6		
Probabilidad de chance	= 0.0000	Porcentaje de Respuestas	= 98.86 %		
Coeficientes de la Regresión					
Var.	Coeff.	Beta	F-ratio	Prob.	Std. Error
V91	0.4087	0.2788	82.4886	0.0000	0.0450
V92	-0.2513	-0.3202	106.7332	0.0000	0.0243
V96	0.1627	0.3932	132.1304	0.0000	0.0142
Const.	1.5228		65.0184	0.0000	0.1889

Los valores alcanzados a través del método paso a paso (Stepwise) no permiten generalizar una función de demanda para la zona de los valles de Bolivia. El método exige que las variables seleccionadas tengan un ajuste (F-ratio > 4); si tomamos la presente como regresión general los resultados serán demasiado generales y carecerán de precisión respecto a la realidad observada a través de los registros medidos. Para subsanar la situación se plantea la misma regresión exponencial general sin tomar en cuenta la variable "Tiene disposición adecuada de aguas negras"; los resultados de la nueva regresión son los siguientes:

Regresión N° 7

Regresión Múltiple para Predecir : Log. del Consumo Per cápita Total		Regresión Exponencial s/alc.			
Lista de Variables - Estadísticas Descriptivas					
Var.	Lista de Variables	Media	Desv. Standard		
DV93	Log_Can_Agu	3.7189	1.1100		
V91	Log_Ing_Per	4.9490	0.7572		
V92	Log_Cos_x_m3_tot	0.7746	1.4144		
Estadísticas de la Regresión					
Coeficiente de determinación múltiple (R ²) = 0.5753					
Coeficiente de correlación múltiple (R) = 0.7582					
Standard error del estimador múltiple (S) = 0.7248					
F-Ratio = 350.1634		Número de casos válidos = 520			
Grados de Libertad = 2 & 517		Número de casos en blanco = 6			
Probabilidad de chance = 0.0000		Porcentaje de Respuestas = 98.86%			
Coeficientes de la regresión					
Var.	Coeff.	Beta	F-ratin	Prob.	Std. Error
V91	0.6334	0.4321	194.8316	0.0000	0.0454
V92	-0.3775	-0.4810	241.4350	0.0000	0.0243
Const.	0.8765		16.7349	0.0000	0.2143

Los resultados de la Regresión N° 5 y la N° 7 permiten llevar a cabo una generalización de las funciones de demanda de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro N° 11

Constantes de la regresión para determinar el consumo de agua en los Valles Bolivianos de acuerdo a condición sanitaria y socio-económica de la población

COEFICIENTE DE LA REGRESION	CON ALCANTARILLADO			SIN ALCANTARILLADO		
	GENERAL	POBRES	NO POBRES	GENERAL	POBRES	NO POBRES
Elasticidad Precio -b-	-0.3362			-0.4489		
Elasticidad Ingreso -c- (3)	0.3396			0.4209		
Variación Alcantarill. -d- (3)	0.619					
Constante o Intercepción -a*- (1)	11.808			11.197		
Consumo l/h/d (2)	149.1	111.7	178.4	103.8	81.7	142.6
Consumo m ³ /conexión/mes	31.13	24.76	34.41	23.11	18.68	29.48

(1): Por sergo de transformación de convertir logaritmos neperianos a números naturales se aplica el siguiente ajuste de la constante (a*): $a^* = e^{(11)} \times \text{antilog } a$

(2): El consumo se lo calcula reemplazando los datos del cuadro 10 en la función exponencial: $Q = e^* P^b I^c e^{ka}$

(3): El costo del agua es Bs 1.5/m³, es el costo doméstico (cat. 4) del consumo incremental de acuerdo a la tarifa de SEMAPA.

4.1.2.2 Registros medidos

Los resultados de la función de demanda son contrastados con los registros medidos del Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Cochabamba (SEMAPA), sin embargo la dotación en toda la ciudad está racionada, solo los hogares que cuentan con tanques de almacenamiento solucionan parcialmente su problema. Los datos de dotaciones confiables, sin racionamiento de cortes ni presión son los obtenidos de las empresas: Servicio Autónomo Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (SAMAPA) y de la Empresa de Agua y Alcantarillado de Sucre (ELAPAS); los principales resultados que pueden extraerse de las estadísticas de consumo de ambas empresas son los siguientes:

CUADRO No. 12
S A M A P A
CONSUMIDORES DOMESTICOS CONECTADOS Y CON SISTEMA MEDIDO

RESUMEN GENERAL 1995 POR MESES Y CONSUMIDORES DOMESTICOS CONECTADOS Y CON SISTEMA MEDIDO				DETALLE PARA JULIO DE 1995 CONSUMO MEDIDO DOMESTICO POR VENTENAS DE CALLES Y POR BARRIOS RESIDENCIALES	
	Enero	Abril	Julio	PAMPAYASI	ACHACHICALA
Conexiones	94.685	94.257	99.109	21.987	36.696
Consumo total m ³	2.051.417	2.001.858	1.969.857	706.744	616.577
Promedio cnx/m ³	21.67	20.96	19.88	29.46	16.81
Habitantes x cnx	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77
Promedio l/h/d	106.68	107.70	97.86	145.07	127.71
Perdida Promedio	0.79	0.8	0.8	0.88	0.81
CONSUMIDORES DOMESTICOS CENTRALES					
Conexiones	30.015	30.038	30.087	5.391	531
Consumo total m ³	789.770	753.476	767.883	161.546	36.103
Promedio cnx/m ³	26.32	25.07	25.50	29.96	6.80
Habitantes x cnx	6.77	6.77	6.77	6.77	6.77
Promedio l/h/d	177.37	172.69	164.44	147.54	149.71
CONSUMIDORES DOMESTICOS RESIDENCIALES					
Conexiones	16.590	16.717	16.750	5.287	1.244
Consumo total m ³	787.942	787.727	767.916	298.112	53.545
Promedio cnx/m ³	47.49	47.12	45.82	56.40	43.04
Habitantes x cnx	6.45	6.45	6.45	6.45	6.45
Promedio l/h/d	245.45	241.53	236.94	268.72	222.44

FUENTE: SAMAPA. Elaboración Propia

El presente cuadro, que es una continuación del Cuadro No. 8, muestra un detalle de los consumidores de la categoría Doméstica Central y Doméstica Residencial, también se adjuntan datos de consumo de algunos barrios por sistema y por categoría doméstica. Puede apreciarse que el consumo de agua, entre los consumidores domésticos centrales, fluctúa entre 147 l/h/d hasta los 177 l/h/d; los domésticos residenciales consumen más de 200 l/h/d teniendo como

máxima el consumo del barrio de Calacoto que llega a los 270 l/h/d.

CUADRO No. 13

S R M A P A
CONSUMIDORES DOMESTICOS CIUDAD DE COCHABAMBA

RESUMEN GENERAL 1993 PARA CONSUMIDORES DOMESTICOS		CONSUMO PROMEDIO PARA EL AÑO 1993 CONSUMO POR RANGOS DE CONSUMO Y CATEGORIAS DOMESTICAS							
CALCULO DE CONSUMO		1994	0 - 12	13 - 25	26 - 58	51 - 75	76 - 100	101 - 150	151 o más
Conexiones	36.101	10.926	11.289	21.242	1.533	459	295	235	
Consumo total m ³ /mes	284.124	94.139	195.124	116.862	82.188	35.163	30.923	39.843	
Promedio cnx/m ³	21.68	8.62	16.66	28.19	53.59	76.11	104.93	121.86	
Habitantes x cnx	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	6.44	
Promedio l/h/d	111.88	44.60	86.25	145.89	277.38	396.52	542.57	1.144.28	
DOMESTICOS CATEGORIA 1									
Conexiones	942	571	350	16	2				
Consumo total m ³	10.452	5.711	4.166	484	55			117	
Promedio cnx/m ³	11.28	18.88	11.98	38.28	55.80			117.90	
Habitantes x cnx	7.25	7.25	7.25	7.25	7.25			7.25	
Promedio l/h/d	58.51	45.99	54.73	139.08	252.87			537.93	
DOMESTICOS CATEGORIA 2									
Conexiones	11.842	4.411	5.982	1398	390	43	24	4	
Consumo total m ³	187.695	37.981	97.914	36188	18122	3268	2494	224	
Promedio cnx/m ³	15.86	8.61	16.25	39.39	51.27	76.81	102.25	232.50	
Habitantes x cnx	7.27	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	7.27	7.27	
Promedio l/h/d	71.64	40.01	75.55	143.27	347.67	352.46	475.16	1.832.08	
DOMESTICOS CATEGORIA 3									
Conexiones	15.882	4.098	3.723	6925	613	171	98	68	
Consumo total m ³	153.266	16.025	65.647	381472	33591	13128	10228	12.967	
Promedio cnx/m ³	22.71	8.96	17.61	26.49	53.17	76.97	104.37	216.05	
Habitantes x cnx	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	
Promedio l/h/d	108.15	41.19	84.83	127.44	255.73	370.34	502.01	1819.20	
DOMESTICOS CATEGORIA 4									
Conexiones	7.834	1.852	1.654	3111	228	241	172	73	
Consumo total m ³	232.720	30.482	28.027	96746	39332	28581	18124	16.436	
Promedio cnx/m ³	29.71	8.37	16.99	31.18	54.83	76.47	185.37	225.15	
Habitantes x cnx	5.05	5.85	5.07	5.05	5.85	5.05	5.05	5.05	
Promedio l/h/d	126.09	64.87	112.13	105.27	156.62	584.77	695.53	1486.14	

Fuente: S.T.C.V. s.r.l. Documento de trabajo, marzo 1994.

Los consumos de la ciudad de Cochabamba no fluctúan por condiciones climáticas distintas, sino exclusivamente por condiciones socio-económicas y de abastecimiento. El promedio general de la ciudad es de 112 l/h/d, sin embargo por categorías de consumo este fluctúa entre los 51 l/h/d hasta los 196 l/h/d.

La Cooperativa de agua y alcantarillado de Tarija (COSAALT) no factura el consumo por metro cúbico adicional, solo considera una tarifa fija sin importar el consumo de la conexión, sin embargo, esta situación está en proceso de cambio y ya instaló medidores en un 47% (6146) de las conexiones domésticas; el siguiente cuadro muestra el comportamiento del consumo doméstico basado en una muestra de dichas conexiones con medidor y sin tarifa por metro cúbico adicional:

Cuadro No. 14
C O S A A L T
Consumos de la Ciudad de Tarija Sobre 3482 Casos

DISTRITO GENERAL JUNIO 1995		CONSUMO PROMEDIO PARA EL AÑO 1994													
COMUNIDAD DE CONSUMIDORES		CONSUMO PROMEDIO POR RANGOS DE CONSUMO SOBRE 3482 CONSUMIDORES													
CATEGORÍA DE CONSUMO	litros/día	1-15	16-30	31-60	61-90	91-120	121-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400	401-450	451-500	n
Consumo Total	1.482	516	357	1.093	862	122	128	105	94	71	20				34
Consumo Promedio litros/día	248.886	4.770	17.222	64.569	12.544	30.000	17.222	26222	26275	25861	10050				34.100
Consumo litros/día	74.35	4.17	22.42	43.19	22.86	106.16	112.70	189.86	247.78	346.01	506.00				498.51
Consumo litros/día	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17				7.17
Consumo litros/día	145.66	42.62	106.07	201.71	141.35	486.17	426.56	840.73	1.151.58	1.565.81	2.113.10				4.177.25

Fuente: COSAALT

Como puede apreciarse el consumo promedio general es extremadamente alto: 346 l/h/d; la mayor parte de los consumidores, de la muestra, se encuentra en el rango donde los consumos fluctúan entre los 106 y 343 l/h/d.

4.1.3 Poblaciones del Oriente de Bolivia

El consumo de agua en las poblaciones de los llanos orientales bolivianos, está caracterizado por sus altos costos de suministro ya que la fuente más usada es la de los pozos profundos. Esta característica, sumada a que las poblaciones orientales son muy extendidas, encarece notablemente el costo fijo de suministro de agua.

4.1.3.1 Encuestas socio-económicas

Sobre 1458 encuestas, los siguientes datos socio-económicos sirvieron para determinar la función de demanda para las ciudades de Santa Cruz, Montero, Trinidad, Riberalta, Guayaramerín, Cotoca, Portachuelo y San Ignacio de Velasco.

Cuadro N° 15
Estadísticas descriptivas Oriente de Bolivia

	VARIABLE	POBRES Y NO POBRES	POBRES	NO POBRES
TODA LA MUESTRA CONECTADOS Y NO CONECTADOS	- Número de Casos - # Habitantes por Conexión - Ingreso Per cápita mensual - Ingreso Familiar mensual	1458 (100%) 6.85 209.74 1017.07	1052 (82.7%) 7.27 121.83 732.91	406 (17.3%) 5.76 435.80 1824.93
NO CONECTADOS	- Número de Casos - # Habitantes por Conexión - Ingreso Per cápita - Ingreso Familiar	529 (35.4%) 7.41 155.58 802.60	449 (33%) 7.69 111.38 652.77	80 (2.4%) 5.80 402.59 1639.76
SÓLO CONECTADOS AL AGUA	- Número de Casos - # Habitantes por Conexión - Ingreso Per cápita - Ingreso Familiar	425 (30%) 6.80 171.73 861.91	607 (26.5) 7.02 109.94 624.88	91 (3.5%) 5.98 396.49 1724.06
CONECTADOS AL AGUA Y ALCANTARILLADO	- Número de Casos - # Habitantes por Conexión - Ingreso Per cápita - Ingreso Familiar	453 (34.6%) 6.21 297.80 1340.32	248 (23.2%) 6.83 158.31 895.93	205 (11.4%) 5.47 464.51 1871.42

Fuente: Encuestas Socioeconómicas (Cuadro No. 3)

Elaboración: Pnpia

Los resultados alcanzados permiten determinar la función de demanda para cada categoría de consumidor doméstico. Los principales resultados de la regresión se expresan de la siguiente manera:

Los principales resultados de las regresiones generales: lineal (N°8) y exponencial (N°9), son los siguientes:

Regresión N° 8

Regresión múltiple lineal
 Stepwise Regression to Predict: Consumo agua l/h/d
 Variable List - Descriptive Statistics

Var.	Variable label	Mean	Standard Dev.
DV88	Consumo agua l/h/d	85.9678	93.1842
V87	Costo x m3	8.8587	24.4675
V86	INGRESO	208.5868	214.8178
V52	EVAC_ADECUADA	0.3395	0.4737

Regression Statistics

Coefficiente de determinación múltiple (R²) = 0.2180
 Coeficiente de correlación múltiple (R) = 0.4669
 Error Standard del estimador múltiple (T) = 82.4903

F Ratio = 135.0829 Número de casos válidos = 1458
 Grados de libertad = 3 & 1454 Número de casos perdidos = 0
 Probabilidad de Chance = 0.0000 Porcentaje de Respuestas = 100.00 %

Coefficientes de la regresión

Var.	Coeff.	Beta	F-ratio	Prob.	Std. Error
V87	-0.6038	-0.1585	44.4821	0.0000	0.0905
V86	0.1274	0.2938	144.1696	0.0000	0.0106
V52	45.1757	0.2297	84.6005	0.0000	4.9115
Const.	49.3049		215.9804	0.0000	3.3611

Regresión N° 9

Regresión múltiple doble logarítmica
 Regresión Múltiple para predecir: Logaritmo del Consumo Per cápita (Log. Con. Agu)
 Lista de Variables - Estadísticas Descriptivas

Var	Nombre de la Variable	Media	Standard Desv.
DV91	Log Con. Agu	4.0299	0.9728
V89	Log log Per	5.0306	0.8007
V90	Log. Cost x m3	0.9850	1.3021
V52	EVAC_ADECUADA	0.3419	0.4745

Estadísticas de la Regresión

Coefficiente de determinación múltiple (R²) = 0.4606
 Coeficiente de correlación múltiple (R) = 0.6787
 Error Standard del estimador múltiple (T) = 0.7152

F Ratio = 406.7539 Número de casos válidos = 1433
 Grados de libertad = 3 & 1429 Número de casos perdidos = 25
 Probabilidad de chance = 0.0000 Porcentaje de respuestas = 98.29 %

Coefficientes de la Regresión

Var.	Coeff.	Beta	F-ratio	Prob.	Std. Error
V89	0.3434	0.2827	176.8420	0.0000	0.0258
V90	-0.3746	-0.5013	544.5737	0.0000	0.0161
V52	0.2280	0.1112	22.9482	0.0000	0.0476
Const.	2.5932		459.1600	0.0000	0.1210

Los resultados muestran que la regresión exponencial (doble logarítmica) es la que mejor ajuste tiene ya que por una parte el coeficiente de correlación múltiple

(R^2) es mayor (0,4606 versus 0,2180 en la función lineal); los indicadores de ajuste de los coeficientes de la regresión (F-ratio) también tienen un mayor ajuste respecto a la regresión lineal. Dichos indicadores permiten asegurar que los consumos se distribuyen de forma exponencial, de manera que podemos expresar en la forma combinada ya enunciada, una curva de demanda general para estimar el consumo de agua en función de las elasticidades precio, ingreso y contribución del saneamiento. La siguiente la regresión enunciada:

Regresión N° 10

REGRESION MULTIPLE LOGARITMICA PARA DETERMINAR EL CONSUMO DE AGUA EN EL TROPICO DE BOLIVIA

Regresión Multiple doble logarítmica

 Regresión Multiple para predecir: Logaritmo del Consumo Percápita (Log_Cons_Per)

Lista de Variables - Estadísticas Descriptivas

Var.	Nombre de la Variable	Media	Desviación Standard
DV91	Log_Con_Agu	4.0299	0.9728
V89	Log_Ing_Per	5.0306	0.8007
V90	Log_Cos_x_m3	0.9850	1.3021
V92	a1_ly_lp	4.7933	6.5556
V93	a2_ly_A	0.0736	0.3526
V94	a3_ly_A	1.8740	2.6285
V95	a4_ly_lp_A	0.4085	1.9820

Estadísticos de la Regresión					
Coeficiente de determinación múltiple (R ²) = 0.4666					
Coeficiente de correlación múltiple (R) = 0.6831					
Error Standard del estimador múltiple (Γ) = 0.7120					
F-Ratio = 207.8826					
Grados de Libertad = 6 & 1426					
Chance de Probabilidad = 0.0000					
Número de casos válidos = 1433					
Número de casos en blanco = 25					
Porcentaje de Respuestas = 98.29 %					
Coeficientes de la Regresión					
Var.	Coeff.	Beta	F-ratio	Prob.	Error Std.
V89	0.2940	0.2420	75.9195	0.0000	0.0337
V90	-0.6595	-0.8827	43.1773	0.0000	0.1004
V92	0.0559	0.3767	7.7528	0.0054	0.0201
V93	1.1403	0.4133	6.6557	0.0100	0.4420
V94	0.0404	0.1091	17.3635	0.0000	0.0097
V95	-0.1903	-0.3878	5.8075	0.0161	0.0790
Const.	2.8507		572.9052	0.0000	0.1191

Fuente: Elaboración Propia

La curva de demanda general para estimar el consumo de agua en función de las elasticidades precio, ingreso y contribución del saneamiento se expresa de la siguiente manera:

Dada la función general:

$$\log Q = e^a + b \log P + c \log I + e^{dA} + a1 \log P \log I + a2 \log P \Lambda + a3 \log I \Lambda + a4 \log P \log I \Lambda$$

La función de demanda general para los llanos Bolivianos se expresa:

$$\log Q = 24.697^{231} - 0.6595 \log P + 0.294 \log I + 0.0559 \log I \log P + 1.1403 \log P \Lambda + 0.0404 \log I \Lambda - 0.1903 \log P \log I \Lambda$$

23 / Constante ajustada por sesgo de transformación.

Derivando parcialmente la función respecto al precio, ingreso y al alcantarillado se obtienen los siguientes coeficientes de la regresión para cada caso:

Cuadro No. 16

Constantes de la regresión para determinar el consumo de agua en los Llanos Bolivianos de acuerdo a condición sanitaria y socio-económica de la población

COEFICIENTE DE LA REGRESION	CON ALCANTARILLADO			SIN ALCANTARILLADO		
	GENERAL	POBRES	NO POBRES	GENERAL	POBRES	NO POBRES
Elasticidad Precio -b-	-0.2848	-0.1999	-0.3445	-0.3718	-0.3968	-0.3251
Elasticidad Ingreso -c- (3)	0.28			0.3167		
Variación Alcantarill. -d- (3)	0.253	0.2762	0.2366			
Constante o Intercepción -a* - (1)	24,697					
Consumo l/h/d (2)	156.8	134.4	174.6	126.0	109.4	164.2
Consumo m/connexión/años	29.20	27.54	28.66	25.71	23.04	29.47

(1): Por sesgo de imputación de convertir logaritmos neperianos a números naturales se aplica el siguiente ajuste de la constante $a^* = e^{(1/n)} \times \text{antilog } a$

(2): El consumo se lo calcula reemplazando los datos del Cuadro No. 15 en la función exponencial: $Q = e^{a^*} P^b I^c e^{dA}$

(3): El costo del agua considerado es Bs 1.0/m³, es el costo promedio doméstico del consumo incremental de acuerdo a la tarifa de las empresas de agua.

4.1.3.2 Registros medidos

Para comparar los resultados provenientes de la función de demanda, se contrastan los registros de la Empresa de Agua y alcantarillado de Santa Cruz (SAGUAPAC) y de la Cooperativa de Agua Potable de Guayaramerín (COPAGUA), los siguientes son los principales resultados:

CUADRO No. 17
COOPERATIVA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE SANTA CRUZ
(SAGUAFAC)
CONSUMOS MEDIDOS GENERALES DE AGUA PARA 1995 DE ACUERDO A CONDICION SANITARIA

MES	UNIDAD	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	PROMEDIO
CONSUMO SOLO AGUA	m ³ /MES	2.839.329	2.882.232	1.823.016	1.922.612	2.030.964	2.221.290	2.922.992
CONSUMO AGUA + ALCANTARILLADO	m ³ /MES	2.959.358	2.139.516	2.069.361	1.011.449	2.224.296	921.350	2.958.270
CONEXIONES SOLO AGUA	Nº.	35.552	74.214	74.986	77.445	77.812	78.316	77.085
CONEXIONES AGUA + ALCANTARILLADO	Nº.	39.538	31.252	12.332	11.387	32.484	31.579	31.274
CONSUMO PROMEDIO POR CONEXION SOLO AGUA	m ³ /cna/mes	25.94	22.32	24.35	25.42	26.98	23.89	25.22
CONSUMO PROMEDIO POR CONEXION AGUA + ALCANT.	m ³ /cna/mes	35.25	35.53	33.49	32.23	35.39	22.56	33.49
CONSUMO PERCAPITA POR CONEXION SOLO AGUA	l/h/d	122.8	229.2	115.2	239.3	122.9	215.0	521.9
CONSUMO PERCAPITA POR CONEXION AGUA + ALCANT.	l/h/d	174.0	274.8	163.5	782.3	122.3	144.3	264.4

FUENTE: Factibilidad Alcantarillado Sanitario Santa Cruz, Hansen & Sawyer - Greeley & Hansen - CAHM LTDA

El cuadro tiene la debilidad de mostrar los consumos promedio de todo el sistema, es decir se considera el consumo doméstico más el no doméstico entre el número total de conexiones. El dato obtenido es la dotación media del sistema. Sin embargo de esta situación, se puede comprobar que el consumo promedio es de solo 164 l/h/d para los que tienen agua más alcantarillado y de 121.4 l/h/d para los que tiene solo agua.

CUADRO No. 18
COOPERATIVA DE AGUA POTABLE GUAYARAMERIN
RESUMEN DE CONSUMO PGR CATEGORIA DE USUARIOS, GESTION 1994

CATEGORIA	UNIDAD	PRECIO M ³	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL	PROMEDIO MES	%
CONSUMO DOMESTICO	m ³ /mes	2.2	41885	59759	37617	19774	41888	48559	49804	51819	48852	55014	50201	48828	642732	65477	82.91
* NUMERO DE USUARIOS	No.		2527	2202	2912	2789	2257	2757	2894	2851	2852	3881	2555	5969		7872	92.91
CONSUMO PROMEDIO	m ³ /cna/mes		16.9	26.7	12.6	18.2	18.7	25.2	16.8	21.7	27.0	19.4	17.9	15.9		16.2	
* CONSUMO PERCAPITA	l/h/d		78.18	79.46	69.29	59.97	78.38	83.44	74.27	110.87	87.92	99.48	88.68	70.25		82.2	
CONSUMO PUBLICO	m ³ /mes	1.1	3802	6195	4252	2247	9309	6784	4750	4735	4845	2127	2797	4779	25632	4919	2.71
* NUMERO DE USUARIOS	No.		117	185	108	128	121	299	149	237	337	156	295	242		139	1.32
CONSUMO PROMEDIO	m ³ /cna/mes		23.8	29.1	39.1	95.6	41.4	99.4	24.1	34.2	92.4	37.7	99.2	31.5		38.5	
CONSUMO INDUSTRIAL	m ³ /mes	1.45	4667	9548	1114	4562	4281	4594	6335	6262	6732	6843	6967	6510	62846	5227	2.31
* NUMERO DE USUARIOS	No.		203	35	39	208	702	210	111	210	712	107	222	284		198	2.51
CONSUMO PROMEDIO	m ³ /cna/mes		46.7	47.2	41.6	46.0	49.7	46.4	48.1	47.7	57.6	66.5	57.7	57.1		48.6	
CONSUMO INDUSTRIAL	m ³ /mes	1.46	620	810	426	897	2289	1549	837	918	1816	2045	7750	2687	24403	1300	2.11
* NUMERO DE USUARIOS	No.		9	19	9	0	18	19	20	29	10	29	29	20		10	
CONSUMO PROMEDIO	m ³ /cna/mes		60.0	61.0	55.0	66.3	210.9	154.0	67.7	95.8	101.8	205.5	227.8	146.7		131.6	
TOTAL CONSUMO			5097	48025	48503	62819	65997	55899	11797	75592	62997	69725	64296	23623	662952	39025.5	100.00
* NUMERO DE USUARIOS			2581	2016	3024	2924	2979	3047	7056	2101	3567	3134	2448	3211		3925.17	100.00
CONSUMO PROMEDIO			76.8	18.7	15.2	10.1	27.9	18.6	26.9	73.2	19.7	77.7	70.7	78.9		18.5	

Los consumos de Guayaramerín están fuertemente sesgados por la tarifa por m³ que alcanza a Bs 1.30 y a que no existe alcantarillado sanitario en la ciudad. A pesar de ello, los niveles de consumo son racionales y dentro de lo esperado.

CAPITULO QUINTO

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

5.1.1 Diagnóstico sobre el Saneamiento Básico en Bolivia

Si quisieramos explicar el problema de la pobreza en Bolivia, podríamos hacerlo en función a la altísima tasa de mortandad en menores a cinco años (TMM5); la realidad boliviana, comparada a la de los países iberoamericanos, es cruda: después de Haití somos el país con la estadística más alta de mortandad del Continente.

En base a la correlación encontrada entre la mortandad de menores y la cobertura de servicios básicos de agua y alcantarillado, se sugirió una posible solución al problema de la mortandad en menores de 5 años: aumentando las inversiones en sistemas de agua y alcantarillado, con la premisa que ésta es la principal manera de prevenir enfermedades que aumentan en una desproporción tan grande la mortalidad de menores en Bolivia.

El ejercicio planteado, considerando como medida a lograr, la TMM5 promedio iberoamericana, muestra que para el año 2000 es necesario invertir desde el año 1995: 261,9 millones de dólares (US\$) solo en sistemas de agua potable y saneamiento. Si por otra parte, se toma en cuenta lo invertido en el país en los últimos 6 años (1989-1994) en el sector saneamiento básico: 171,5²⁴ millones de

²⁴ / También comprendo inversiones en desechos sólidos y otras del sector saneamiento básico.

dólares, se concluye que esa meta de inversión propuesta no es difícil lograr y que debe diseñarse una metodología para optimizar las inversiones, de manera que tengan el mayor impacto posible sobre la población a beneficiar.

Por otra parte, la TMM5, como el principal índice para medir el problema de la pobreza comparativamente, debe ser el objetivo para que a partir del mismo se fijen acciones para disminuirlo. Dichas acciones deben estar referidas precisamente a las iniciativas de inversión -como en agua y alcantarillado- que tienen el efecto de mejorar los indicadores de eficiencia social de los países. Entonces, a partir de fijar una meta a alcanzar en cuanto a la TMM5, se deben diseñar planes de inversión. Lo que usualmente se realiza, sin ninguna justificación, es fijar metas de cobertura en agua y alcantarillado, como si éstas fueran un fin en sí mismo. Sin embargo, como se ha tratado de demostrar en la presente investigación, el fin que se persigue -el objetivo general- es reducir la mortandad del país, especialmente la de los niños, principales afectados por la falta de infraestructura en prevención social. Las metas propuestas de aumentar la cobertura de servicios básicos deben estar en función a disminuir la mortandad.

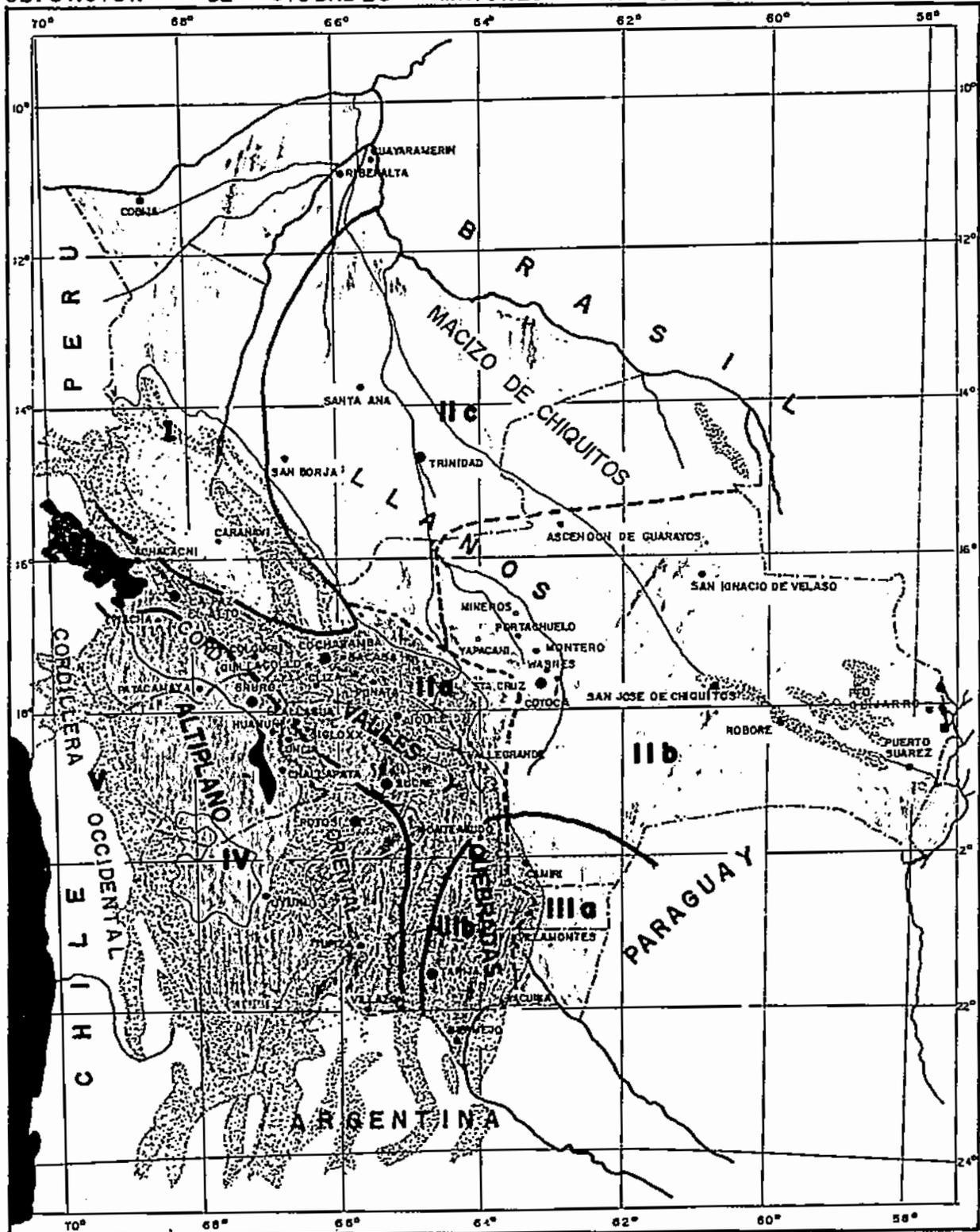
A medida que se puedan optimizar inversiones en el sector, éste se verá fortalecido por la sostenibilidad de sus recursos invertidos y el impacto positivo sobre la población boliviana.

5.1.2 Mapa Urbano del Consumo de Agua en Bolivia

En base a la sobreposición de los mapas bolivianos: orográfico, climático y político, que se analizó en el acápite 3.1.1.1, y a los consumos regionalizados de agua potable, se concluye que la zonificación regionalizada urbana de iso-consumos de agua potable doméstica, se distribuye de acuerdo al siguiente mapa:

MAPA COMBINADO POLITICO-OROGRAFICO Y CLIMATICO DE BOLIVIA

UBICACION DE CIUDADES MAYORES A 5.000 HABITANTES



El cuadro siguiente resume las principales ciudades del país, con población superior a los 5000 habitantes, que tienen una misma función de demanda por agua potable:

Cuadro No. 19
Ciudades con población mayor a los 5000 habitantes
agrupadas de acuerdo al mapa de iso-consumos de agua

DEPARTAMENTO	ALTIPLANO		VALLES		LLANOS	
	CIUOAD	POBLACION	CIUDAD	POBLACION	CIUOAD	POBLACION
CHUQUISACA			Sucre Montecagudo	131,769 5,130		
LA PAZ	Pl Alto Achacachi Viacha Colquiri Patacamaya	405,492 5,602 19,035 5,696 5,950	La Paz	713,378	Caranavi	7,533
COCHABAMBA			Cochabamba Aiquile Cliza Quillacollo Vina Sacaba Punata	407,825 5,525 5,172 70,965 9,493 36,905 12,758		
POYOSI	Potosí Uyuni Uncía El Inlagua Siglo XX	112,078 11,372 7,729 23,305 8,169	Tupiza Villazón	20,137 23,670		
ORURO	Oruro Challapata Huamuni	183,422 6,661 14,083				
SANTA CRUZ			Vallegrande	6,341	Santa Cruz Cotoca El Torno La Guardia Warces San Ignacio Gerónimo Huesch San José Chiq. Rohore Portachuelo Caniri Montero Mineros Puerto Quijar. Puerto Suarez Asención Gua.	697,278 9,229 6,332 5,468 10,866 12,565 8,585 8,483 10,360 9,453 27,971 57,027 11,181 6,324 9,863 8,350
TARJA			Tarija Hernández Yacuiba	90,113 21,394 30,912	Villamontes	11,086

BENI					Trinidad Riberalta Guayaramerín San Borja Santa Ana	57,328 43,454 27,706 11,072 14,788
PANDO					Cobija	10,001

5.1.3 Proceso de Contrastación de la Prueba de Hipótesis

Los consumos de agua potable en las ciudades del país responden a varias condiciones socio-económicas, en orden de importancia, de acuerdo a los resultados de ésta investigación, las variables más importantes son: culturales, la disposición adecuada de aguas residuales, el ingreso disponible, el precio del agua y el clima.

La variable cultural, si bien no es susceptible de medirse como una variable explicativa del consumo de agua, implícitamente su importancia se deriva en las costumbres de la población en consumir agua; por ejemplo, puede afirmarse (aunque no probarse en la presente investigación) que los pueblos de origen Aymara no son grandes consumidores de agua en uso doméstico, aún independientemente de la educación de sus habitantes.

La variable que indica la posibilidad de disposición adecuada de las aguas residuales es la que mayor incidencia porcentual tiene sobre el consumo de agua. En la región del altiplano, debido al bajo consumo, la variable tiene una importancia muy grande llegando a incidir sobre el consumo final hasta en un 38% (ceteris paribus), la incidencia de la variable es mayor en población de altos ingresos; en la región de los valles, la variable incide en un 62% el consumo de agua (ceteris paribus); en los llanos la incidencia es menor, alcanzando al 25% (ceteris paribus).

La variable que mide la incidencia del ingreso per cápita sobre el consumo de agua, también es muy sensible entre los distintos grupos socio-económicos analizados, en todos los casos ante un mayor ingreso relativo, respecto a otro consumidor de la misma región, el consumo es mayor, consiguiéndose una elasticidad ingreso de la demanda positiva. En el caso de la región del altiplano la variable de la elasticidad ingreso muestra que ante un aumento del ingreso per cápita del 10%, el consumo de agua se incrementaría en un 2.17%, en consumidores sin alcantarillado esta relación es menor ya que la elasticidad es de 0.1455; en la región de los valles la incidencia de la variable es de 0.34, con alcantarillado de 0.42; en los llanos orientales la elasticidad ingreso alcanza a 0.28 para los consumidores con alcantarillado y a 0.32 para los que no tienen alcantarillado.

La elasticidad precio de la demanda, es la variable que tradicionalmente mejor explicaba los cambios en el consumo de agua, sin embargo, como resultado de la presente investigación, se puede afirmar que no es la principal variable explicativa. Sin embargo de ello, en todos los casos puede comprobarse que los consumidores que tienen que pagar más por el agua, su consumo disminuye relativamente en comparación a otros. Esta relación inversa nos señala la característica principal de la variable, y es que ésta tiene elasticidad precio negativa. En el caso del Altiplano boliviano (Cuadro No. 7) se comprueba que a menores ingresos el agua es más valiosa, por lo tanto existe mayor sensibilidad a los precios, las elasticidades estimadas en el grupo que cuenta con alcantarillado fluctúan entre -0.35 entre los pobres a -0.27 entre los no pobres, en el grupo sin alcantarillado esta fluctuación es de -0.23 a -0.10; en la zona de los valles del país (Cuadro No. 11) se estimó una elasticidad precio única de acuerdo a si el grupo cuenta o no con alcantarillado, alcanzándose, respectivamente, un valor de -0.336 y -0.45; en los llanos orientales (Cuadro No. 16) la incidencia de la

variable es menor ya que ésta varía entre -0.20 en los pobres a -0.344 en los no pobres que cuentan con alcantarillado, los que no tienen disposición adecuada de aguas servidas son más sensibles a la variable ya que ésta varía entre -0.40 en los pobres a -0.325 en los no pobres.

La última variable considerada es la variable clima, sin embargo, ésta no ha sido estudiada como variable explicativa, a pesar de ello, estuvo presente en la clasificación de zonas de iso-consumos de agua. Aún a pesar de las considerables variaciones climáticas existentes en el país, su incidencia fue mínima y no explica por sí misma los cambios en el consumo de agua entre las distintas regiones.

A modo de puntualizar algunas de las limitaciones de la presente investigación, vale la pena enfatizar otras variables no estudiadas y que sin duda son explicativas del consumo de agua:

- La hidro-geología: esta variable esta presente en las distintas regiones en cuanto a la facilidad o no, de encontrar agua y a la permeabilidad de los suelos. También esta presente al momento de determinar el costo variable del agua, en sistemas con bombeo e impulsión este costo es muy alto, en otros por gravedad este costo es casi cero. Influye también en la posibilidad de disposición de aguas servidas, ya que suelos permeables permiten la facil evacuación de aguas y por consiguiente elevado consumo. A pesar de las consideraciones anotadas, no se estudio por separado esta variable que en algunas regiones del país puede llegar a ser fundamental.
- Número de puntos de agua: existe una relación directa entre el consumo de agua y la cantidad de artefactos existentes en el hogar, esta relación

tiene mayor incidencia en hogares con ingresos más altos.

- Número de mujeres en el hogar: al ser las mujeres las que normalmente realizan las tareas del hogar y además considerando que solo una minoría trabaja fuera de la vivienda, son las que mayor consumo de agua realizan. Está comprobado que en hogares con numerosas mujeres el consumo per cápita es más alto.

El comportamiento del consumo de agua está ligado a las variables socio-económicas de la población analizada. Es muy difícil dar una constante de consumo que sea válida durante mucho tiempo, más bien lo correcto es estimar una función de demanda que varía de acuerdo al comportamiento de las variables (socio-económicas) que predicen el consumo de agua.

La norma boliviana para el dimensionamiento de proyectos de agua potable, considera constantes -fijas- de acuerdo al tamaño de la población; a manera de comparación, tomando en cuenta los valores alcanzados a través de las funciones de demanda, se consideraron las mismas constantes -que son válidas solo para un período de tiempo mientras las condiciones socio-económicas permanecen estables- y además se las comparó con los registros medidos de algunas empresas de agua, el cuadro siguiente muestra la situación:

Cuadro No. 20
Consumo Percápita Diario por regiones comparando la Norma Boliviana,
los registros medidos de empresas y lo estimado a través de funciones de demanda

Región del País	Consumo Percápita l/h/d						
	Norma Boliviana(*)			Función Demanda		Registros Medidos Empresas de Agua	
	de 5.000 a 20.000	20.000 a 100.000	+100.000 hab.	agua mas alcantar.	solo agua		
ALTIPLANO	100	150	250	126.4	54.1	45.16 (1)	
VALLES	150	200	300	149.1	103.8	148.4 (2)	111.8 (3)
LLANOS	200	300	350	156.8	126.0	164.4 (4)	82.2 (5)

FUENTE: Normas de Diseño para proyectos de agua y alcantarillado; Registros de empresas y resultados de la presente investigación.

Notas: (*) Por tamaño de población considerando solo los valores inferiores. Ver Cuadro No. 3.

(1): SAMAPA, El Alto, 33% de cobertura de alcantarillado

(2): SAMAPA, La Paz, 100% de cobertura de alcantarillado

(3): SEMAPA, Cochabamba, 76% de cobertura de alcantarillado, oferta restringida.

(4): SAGUAPAC, Santa Cruz de la Sierra, 81% de cobertura de alcantarillado, consumo promedio general para todas las categorías.

(5): COSAGUA, Guayaramerín, no existe alcantarillado.

Los resultados alcanzados permiten apreciar que existen diferencias notables entre los valores de la norma de diseño para proyectos de agua (en adelante -la norma-) por una parte, y los estimados en las funciones de demanda y registros medidos por la otra. Puntualizando, las observaciones que pueden hacerse comparando entre sí los datos del cuadro precedente son:

Cuadro No. 21
Comparación Porcentual de los registros del Cuadro No. 20

REGION	Comparación porcentual						De los registros medidos a lo estimado en funciones de demanda de agua más alcantarillado
	De la norma a los registros medidos			De la norma a lo estimado en funciones de demanda (*)			
	de 5000 a 20000	20000 a 100000	100000 o más	de 5000 a 20000	20000 a 100000	100000 o más	
ALTIPLANO	121.43%	232.15%	453.59%	-20.89%	18.67%	97.78%	-64.27%
VALLES	1.08%	34.77%	102.16%	0.60%	34.14%	101.21%	-0.47%
LLANOS	21.65%	82.48%	112.90%	27.55%	91.33%	123.21%	4.85%

(*): Solo se compara sobre los registros de SAMAPA Y SAGUAPAC

Las principales conclusiones, que como resultado del Cuadro No. 21, pueden arribarse son:

- Tomando como ejemplo lo que sucede en el Altiplano, vemos que en poblaciones de 5.000 a 20.000 habitantes, la norma boliviana supera los registros medidos de SAMAPA, en el altiplano la "norma" supera en 121% el consumo registrado de consumidores de El Alto; en poblaciones de 20.000 a 100.000 habitantes, la norma es superior en 232% a los registros; en poblaciones de 100.000 y más habitantes, como de El Alto de La Paz, la norma supera en 454% el consumo registrado. Si las inversiones de El Alto, se construyeron respetando la norma, se malgastó una gran cantidad de recursos. Al considerar el resultado de la norma, respecto al resultado de la función de demanda estimada, vemos que se subestima el consumo en el rango de población hasta 20.000 habitantes; se sobreestima en un 18.67% en el rango de población hasta 100.000 habitantes y nuevamente se sobreestima en un 97.78% en el rango de población superior a los 100.000 habitantes. Entre los registros medidos y lo estimado a través de las funciones de demanda existe un sobreestimación del 64%, sin embargo ésta se debe a que la población de El Alto solo tiene 33% de cobertura de alcantarillado.
- En el caso de comparar lo que sucede en los valles y los llanos orientales la situación es más clara y no presenta mayores contradicciones: la norma, siempre supera los datos de los registros medidos y los consumos estimados como resultado de las funciones de demanda; en cambio, los estimados de funciones comparados a los registros medidos presentan una notable coincidencia.

En base a todas estas consideraciones, podemos asegurar que la hipótesis principal planteada como tema central de la presente investigación, está demostrada; de seguir llevándolo a cabo inversiones de agua potable y alcantarillado sanitario, tomando como

pauta de diseño la dotación media de norma boliviana de Ingeniería Sanitaria, se estarán desperdiciando recursos con el sobredimensionamiento de proyectos.

5.2 RECOMENDACIONES

Como consecuencia de demostrar los siguientes aspectos: el estado de la pobreza en Bolivia, medido a través de la Tasa de Mortandad en Menores de 5 años; el diagnóstico del estado del saneamiento básico en el país, y la consecuente propuesta de inversión en el sector para mejorar el índice de la TMM5; la comprobación de la hipótesis planteada, que demuestra que las inversiones que se realizan, tomando como parámetro de diseño el consumo per cápita diario de la norma básica para el dimensionamiento de proyectos, sobredimensiona los mismos en un orden superior al 100%. Se plantea la siguiente recomendación única, objeto principal de la presente investigación: realizar, a partir del mapa de la demanda por agua en Bolivia, la evaluación socioeconómica de todos los proyectos de agua potable y alcantarillado sanitario que se presenten en el marco del Sistema Nacional de Inversión Pública (SNIP), a través de la metodología beneficio-costos, que en el acápite siguiente se propone.

A. PROPUESTA PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS DE SANEAMIENTO BASICO EN BOLIVIA^{25/}

La presente propuesta supone un proyecto de agua potable y alcantarillado sanitario considerando todas las posibilidades -lógicas- de beneficiarios, es decir supone consumidores conectados con ambos servicios, parcialmente conectados o nuevos consumidores. Un proyecto que no presente todas las opciones puede ser evaluado definiendo de manera adecuada los grupos beneficiarios.

En el estudio de la demanda se caracteriza a la población beneficiada por un proyecto de construcción, ampliación y renovación, siendo así que un proyecto como el descrito puede llegar a tener hasta diez grupos de consumidores:

Grupo I : Consumidores residenciales conectados a la red de agua potable y alcantarillado sanitario sin problemas de abastecimiento de agua.

Grupo II : Consumidores residenciales conectados a la red de agua potable y alcantarillado sanitario con problemas de presión de agua (o cortes de suministro) que limita la cantidad de agua que desea consumir.

Grupo III : Consumidores residenciales conectados a la red de agua potable, pero no a la de alcantarillado sin problemas de abastecimiento de agua.

Grupo IV : Consumidores residenciales conectados a la red de agua potable, pero no a la de alcantarillado con problemas de presión de agua que limita la

^{25 /} La presente propuesta es una versión modificada de una serie de documentos preparados por el Ing. Héctor Gutiérrez de la Universidad de Chile para el seminario: "Adiestramiento en Identificación, Formulación y Evaluación de Inversiones del Área Social, Bajo la Modalidad de Perfiles Afinados en el Contexto del Sistema Nacional de Inversiones Públicas en Bolivia, septiembre, 1990".

cantidad de agua que desea consumir.

Grupo V : Consumidores residenciales sin conexión de agua potable ni alcantarillado sanitario.

Grupo VI : Consumidores no residenciales conectados a la red de agua potable y alcantarillado sanitario sin problemas de abastecimiento de agua.

Grupo VII : Consumidores no residenciales conectados a las redes de agua potable y alcantarillado sanitario con problemas de presión de agua que limita la cantidad de agua a consumir. Dependiendo de la importancia del consumo, éstos podrían separarse en tres sub-grupos: Industriales, Comerciales y Públicos.

Grupo VIII: Consumidores no residenciales conectados a la red de agua potable, pero no a la de alcantarillado sin problemas de abastecimiento de agua. Al igual que en el caso anterior, susceptible de separarse en sub-grupos.

Grupo IX : Consumidores no residenciales conectados a la red de agua potable, pero no a la de alcantarillado con problemas de presión de agua que limita la cantidad de agua que desea consumir, también susceptible de separarse en sub-grupos.

Grupo X : Consumidores no residenciales sin conexión de agua potable ni alcantarillado sanitario.

Como resulta obvio, los grupos I y VI, no serán objeto de análisis porque los consumos

en la situación sin y con proyecto son los mismos y no se les atribuiría ningún tipo de beneficio.

A.1 Cálculo de la Tarifa a Cobrar por el Consumo de Agua

En el presente acápite se identificará la tarifa que se cobrará a todos los grupos consumidores, calculada a través de una porción fija y otra variable en función al consumo. Las fórmulas y procedimientos de cálculo próximos consideraran un período de 20 años de análisis, lo cual es un ejemplo, dicho análisis deberá estar en función al período de vida útil del componente más importante de la inversión.

Toda iniciativa de inversión busca lograr eficiencia económica, para ello se debe calcular una tarifa óptima desde el punto de vista social. Las tarifas incluyen cargos fijos y cargos variables^{26/}.

Los cargos fijos son independientes del nivel de consumo de los usuarios y se los calcula a partir de los costos fijos del suministro de agua. Se consideran como costos fijos a los siguientes:

- Inversión (en agua potable se consideran todos los componentes del sistema, excepto captación, obras de impulsión y planta de tratamiento de aguas crudas; en alcantarillado se considera únicamente la red de colectores domiciliarios)
- Administrativos
- Mantenimiento
- Seguros

^{26/} Para todo análisis de cálculo de valores presentes debe tomarse en cuenta la tasa social de descuento vigente proporcionada por la Dirección de Inversión Pública del Ministerio de Hacienda y Desarrollo Económico. Los costos e inversiones deben estar expresados a precios sociales o económicos, aplicando los factores de conversión apropiados que también son proporcionados por la mencionada Dirección.

- Otros propios de cada sistema

Todos los cargos fijos deben ser cubiertos por una tarifa fija, independiente del consumo de agua de los usuarios; para ello debe aplicarse la siguiente relación:

$$\text{Valor Presente de los Costos Fijos} = \frac{\text{Valor Presente de la Inversión Fija}}{\text{Fija}} + \frac{\text{Valor Presente de los Costos de Operación Fijos}}{\text{Operación Fijos}}$$

El valor presente de la inversión debe ser resultado de un análisis de mínimo costo entre las alternativas que se hayan planteado para resolver el problema; de dicha opción elegida, deben descontarse los componentes de inversión considerados como "variables". El nuevo valor encontrado será el *Valor Presente de la Inversión Fija*.²⁷

El *Valor Presente de las Costas de Operación Fijas* se calcula del siguiente modo:

$$\left(\text{Valor Presente Costos de Operación Fijas} \right) = \sum_{t=1}^{20} \frac{\left(\text{Costos de Adm. en el año } t \right) + \left(\text{Costos de Seguros en el año } t \right) + \left(\text{Costos de Mant. en el año } t \right)}{(1 + i)^t}$$

Una vez obtenido el *Valor Presente de los Costos Fijos* (sumando el valor presente de la inversión fija más el valor presente de los costos de operación

²⁷ / Solo en casos de pequeñas comunidades, donde la inversión no incluya medidores individuales de consumo en cada conexión, deberá considerarse dentro del cálculo del costo fijo al 100% de la inversión; también deberá omitirse el cálculo del cargo variable del agua.

fijos) se debe calcular el *Valor Presente de las Conexiones*^{28/} para obtener, del cociente de ambas relaciones, el *Carga Fijo Optimo*. En la siguiente fórmula debe tenerse en cuenta considerar las conexiones de agua potable como de alcantarillado sanitario.

$$\left(\text{Valor Presente de las Conexiones} \right) = \sum_{t=1}^{20} \frac{\left(\text{Número de Conexiones en el año } t \right)}{(1 + i)^t}$$

La fórmula del *Carga Fijo Optimo* será la siguiente:

$$\left(\text{Carga Fija Optima} \right) = \frac{\left(\text{Valor Presente de los Costos Fijos} \right)}{\left(\text{Valor Presente de las Conexiones} \right)}$$

Los consumidores reaccionan al pago del cargo variable en la tarifa y no así al pago del cargo fijo, ya que se podría consumir una cantidad ilimitada de agua pagando la misma tarifa, tal como acontece en sistemas que no cuentan con medidores individuales de consumo. El cargo variable entonces, representa el verdadero precio del agua, es el precio al cual los consumidores reaccionan para limitar sus consumos o aumentarlos. A continuación veremos como se calculan los cargos variables del agua a partir de todos los costos variables que el sistema requiera.

Se consideran como variables a todos los costos que dependen directamente de la cantidad de agua producida, a mayor producción los costos serán superiores y

^{28/} El calcular el valor actual de las conexiones existentes y las futuras a incorporarse al sistema, es una opción de cálculo que en muchos casos es ineficiente, por ejemplo en barrios con poca densidad demográfica y muchos lotes por ocupar. En casos así debe tomarse la decisión de efectuar el cálculo considerando también los lotes vacíos y cobrarles la tarifa fija a sus propietarios. Otra solución muy eficiente y justa, es prorratear el cargo fijo (de acuerdo a la fórmula del costo anual equivalente) y cobrar por metro cuadrado de terreno de acuerdo a la extensión del mismo.

viceversa. Se consideran como costos variables los siguientes:

Agua Potable

- Inversión en obras de toma, obras de impulsión y plantas de tratamiento de aguas crudas.
- Energía eléctrica, u otra energía de impulsión, por concepto de bombeo
- Productos químicos requeridos para la desinfección y tratamiento de aguas crudas
- Costo alternativo del agua

Alcantarillado Sanitario

- Inversión en obras de impulsión, emisarios y plantas de tratamiento de aguas servidas.
- Energía eléctrica, u otra energía de impulsión, por concepto de bombeo
- Productos químicos requeridos para la desinfección y tratamiento de aguas servidas.

La primera relación que debe tomarse en cuenta es la siguiente:

$$\begin{array}{l} \textit{Valor Presente} \\ \textit{de los Cargas} \\ \textit{Variables} \end{array} = \begin{array}{l} \textit{Valor Presente} \\ \textit{de la Inversión} \\ \textit{Variable} \end{array} + \begin{array}{l} \textit{Valor Presente} \\ \textit{de los Costos} \\ \textit{Variables} \end{array}$$

Los componentes no tomados en cuenta para el cálculo de la inversión fija deben ser simplemente sumados si éstas son menores a un año; en caso que en el calendario de inversiones de dichos componentes existan reinversiones u otros

planes de inversión mayores a un año, deberá calcularse el *Valor Presente de la Inversión Variable*.²⁹

El *Valor Presente de los Costos Variables* se calcula del siguiente modo:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Valor Presente de los} \\ \text{Costos Variables} \end{array} \right) = \sum_{t=1}^{20} \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Costos del agua} \\ \text{en el año } t \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Costos Energía} \\ \text{del año } t \end{array} \right) + \left(\begin{array}{l} \text{Costos de Pr.Quim.} \\ \text{en el año } t \end{array} \right)}{(1 + i)^t}$$

Una vez obtenido el *Valor Presente de los Cargos Variables* (sumando el valor presente de la inversión variable, en agua y alcantarillado, más el valor presente de los costos variables) se debe calcular el *Valor Presente de las Consumos*, del cociente de ambas relaciones se obtiene el *Cargo Variable Optimo*.

Como resultado de la aplicación de la función de demanda se obtiene el consumo de agua "con proyecto", en base a la proyección de ésta, dada la población en estudio, se deberá calcular el *Valor Presente de los Consumos*:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Valor Presente} \\ \text{de los Consumos} \end{array} \right) = \sum_{t=1}^{20} \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Consumos totales} \\ \text{en el año } t \end{array} \right)}{(1 + i)^t}$$

La fórmula del *Cargo Variable Optimo* será la siguiente:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Carga Variable} \\ \text{Optimo} \end{array} \right) = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{Valor Presente de los} \\ \text{Costos Variables} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{Valor Presente} \\ \text{de los Consumos} \end{array} \right)}$$

²⁹ Si bien las inversiones llamadas "variables" son obras civiles que se las construye a pesar que se consume agua, o no, y tradicionalmente eran consideradas como un costo fijo, el tamaño de ellas no lo es, y está en función al consumo; suponiendo racionalidad en los consumidores (que siempre consumirán agua de acuerdo a sus necesidades), deben cobrarse dichas inversiones en relación al volumen de agua consumido por los usuarios.

El resultado se expresa en dinero por unidad de agua, lo expresaremos en el futuro como \$us/m³.

La tarifa optima a cobrarse se expresa de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T = CF + CV (x)$$

donde:

T	= Tarifa Optima
CF	= Costo Fijo Optimo
CV	= Costo Variable Optimo
x	= Consumo de Agua expresado en m ³ /conexión/mes.

En caso de haberse identificado consumidores pobres no deberá tomarse una política de subsidiar su consumo a través del pago de una tarifa menor a la óptima calculada, ya que se podría producir un déficit financiero en la empresa de agua. No debe resolverse la situación recargando al usuario no pobre el déficit ya que llevaría a un subsidio cruzado que es ineficiente. El subsidio deberá ser a la inversión y no deberá ser financiado por la empresa de agua ni por los consumidores no pobres.

A.2 Analisis de Consistencia^{30 /}

De acuerdo al análisis de la demanda se determinó que es posible estimar el consumo futuro del proyecto en base al actual consumo del Grupo I o al de la región de referencia de acuerdo al Mapa No. 1

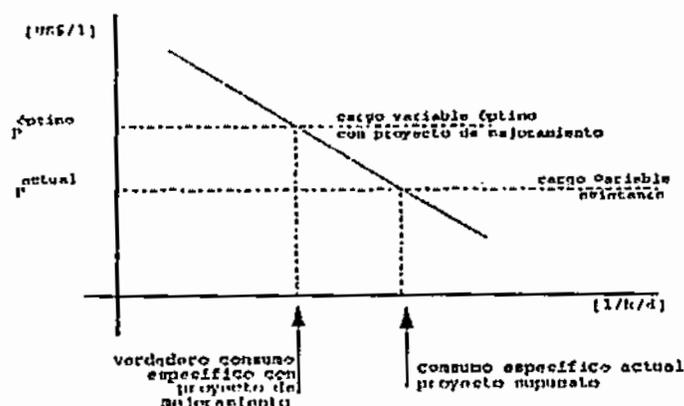
Dado que el consumo de referencia está influido (en relación inversa) por la tarifa

^{30 /} Esta etapa debe omitirse en caso que en el proyecto se opte por no incluir medidores individuales de consumo.

del agua, ésta no tiene que necesariamente coincidir con la óptima calculada para el proyecto, llegando a producirse una inconsistencia. Los consumos, dada la nueva tarifa a aplicarse, diferirán. A continuación se estudiará si es consistente usar esos consumos específicos en relación a las tarifas observadas y calculadas. El problema planteado se ilustra en el Gráfico No. 1

Gráfico No. 1

Consumos y tarifas para el proyecto y la ciudad de referencia



En el Gráfico No. 1 se muestra un ejemplo de como se asimiló el consumo de referencia al proyecto; puede observarse que la demanda disminuiría en caso de cobrarse el cargo variable óptimo del proyecto.

En el ejemplo gráfico se supone que el cargo variable calculado es muy distinto al cargo variable de referencia, por lo que debe recalcularse el consumo con el nuevo precio calculado. Este análisis de consistencia debe llevarse a cabo solo si el cargo variable calculado difiere en más (o menos) el 10% al de referencia.

El análisis para el recálculo es el siguiente:

Dado que se requiere estimar una función de demanda, se adoptará el supuesto que la demanda por agua se ajusta mejor a una función lineal y que la elasticidad-precio de la demanda -para el punto precio con proyecto (p^{cp})- es la determinada del estudio regional de funciones de demanda de acuerdo al mapa de la demanda por agua en Bolivia.

Una función de demanda lineal por agua se escribe:

$$q = a + mp$$

donde:

- "a" es un coeficiente de posición
- "m" la pendiente de la curva
- "p" el cargo variable por el agua
- "q" la cantidad demandada de agua.

Si aplicamos la función al consumo supuesto de referencia y al precio existente obtenemos:

$$q^{supuesto} = a + m * p^{existente} \quad (1)$$

Las variables $q^{supuesto}$ y $p^{existente}$ se estiman de acuerdo al consumo y precio promedio de cada región.

Dado que se conoce el nuevo precio con proyecto se debe aplicar la función de demanda lineal al verdadero punto de consumo con proyecto, en dicho punto la elasticidad precio de la demanda será la resultante del estudio regional:

$$q^{verdadero} = a + m * p^{optimo} \quad (2)$$

En este punto solo es conocido p^{optimo} calculado en 6.1

La elasticidad precio de la demanda en un punto de consumo con elasticidad

conocida, se define como: (3)

$$\eta = \frac{\Delta q}{\Delta p} * \frac{p}{q} = m * \frac{p}{q} = m * \frac{p^{óptima}}{q^{verdadero}} = \eta$$

De (1) (2) y (3) se obtiene un sistema de ecuaciones con tres incógnitas: $q^{verdadero}$, "a" y "m". Resolviendo se obtiene la manera de calcular $q^{verdadero}$:

$$q^{verdadero} = q^{supuesta} * \frac{p^{óptima}}{1 + \eta * p^{óptima} - \eta * p^{existente}}$$

Con la fórmula obtenemos el consumo de agua que demandarán los consumidores no pobres. Dichos consumos serán mayores a los supuestos de referencia si el precio con proyecto es menor y viceversa.

A.3 Estimación de los Beneficios Sociales del Proyecto

Un proyecto de construcción, ampliación o renovación de los servicios de agua y alcantarillado tiene tres beneficios sociales principales:

- por excedente del consumidor, se traduce en el mayor consumo de agua;
- por ahorro o liberación de recursos en el costo de aprovisionarse agua y por mantener sistemas alternativos al alcantarillado sanitario;
- por mayor valoración del consumo de agua. Se aplica a consumidores que incrementan su disposición a pagar por agua a consecuencia del proyecto de alcantarillado.

El mayor consumo de agua es un beneficio deseable ya que proporciona a los usuarios un producto que tiene "valor de uso"³¹; la facilidad del consumo se

³¹ / El concepto "valor de uso" se refiere a la satisfacción que proporcionará a los consumidores un aumento en la cantidad de agua consumida. Una mejor definición sobre el particular puede encontrarse en: POWERS y VALENCIA, Simulador de Obras Públicas (SIMOP), BID, Cuadernos de Análisis No. 5, Washington D.C., 1976.

origina porque las conexiones domiciliarias evitan el aprovisionamiento de agua por medios alternativos y las conexiones de alcantarillado posibilitan un mayor consumo.

Los consumidores nuevos o los que están en una situación de consumo muy restringida se beneficiarán de una liberación de recursos por el ahorro que experimentarán en el aprovisionamiento de agua y porque dejarán de mantener sistemas alternativos de disposición final de aguas negras.

Los proyectos que únicamente contemplan renovaciones en el sistema, tienen beneficios solo por el mayor consumo del agua (en caso que se haya determinado que la obsolescencia del sistema restringe la demanda de los usuarios); proyectos que también incluyen ampliaciones del sistema, especialmente en lo que a la red de distribución y colectores concierne, además tendrán beneficios por liberación de recursos.

En cuanto a los consumidores pobres existe un mal concepto de subsidiar su consumo, en los últimos años se maneja el concepto que: *al ser el agua una necesidad básica, representa un bien social, entonces es el estado, a través del cobro de impuestos, quien tiene que subsidiar el consumo de los pobres para que logren satisfacer su necesidad básica.* Esta afirmación debe ser superada ya que debe dejar de ser el agua un bien social (o público) para convertirse en un bien privado, y es que el servicio no debe representar una carga al estado por la ineficiencia de sus operadores. Por esta razón, se debe dejar de subsidiar el consumo y medir los beneficios reales que representa el consumo de agua a partir de una tarifa "óptima" sin subención.

La medición de beneficios entre consumidores pobres y no pobres será estimada de la misma manera, ya que solo se diferencia el consumo de agua, los precios de "racionamiento" como "con proyecto" son los mismos para consumidores pobres y no pobres. La diferenciación de consumidores pobres y no pobres tiene por objeto el estimar la redistribución de beneficios sociales que el proyecto asignará.

A continuación se indica la manera de calcular cada uno de los beneficios sociales de todos los grupos de consumidores identificados:^{32/}

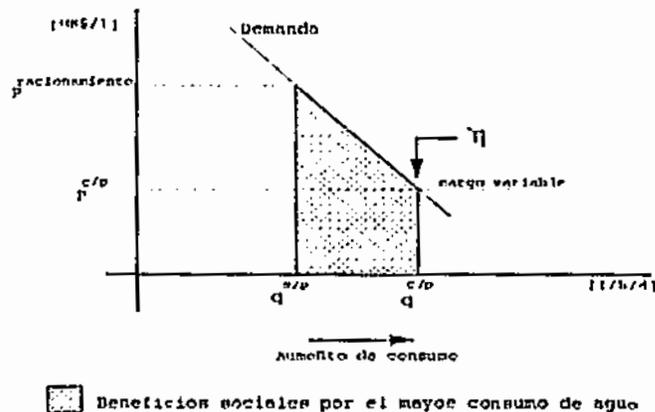
A.3.1 Cálculo del beneficio social de los consumidores del Grupo II

Este grupo de consumidores se caracteriza por tener conexiones de agua potable y alcantarillado pero con problemas de presión. Luego, se identifican beneficios por el mayor consumo que posibilitará el proyecto de mejoramiento al eliminar el racionamiento obligado del consumo en las horas de baja presión.

En el Gráfico N° 2 se presenta el efecto del proyecto de mejoramiento.

^{32/} Nuevamente se aclara que los grupos I y VI no serán objeto de análisis, pues se supone que ambos están plenamente satisfechos con los servicios y ya obtienen todos los beneficios sociales que el proyecto brindará.

Gráfico N° 2
Beneficios Sociales del Proyecto de Mejoramiento
para el Grupo II con limitaciones de presión



El gráfico muestra como aumenta el consumo de agua al eliminar los problemas de presión. También se muestra que por el racionamiento existe un precio que representa el valor marginal del consumo de agua. Los beneficios sociales del mayor consumo de agua que permite el proyecto son el área bajo la curva de demanda, tal como se muestra; para calcular esos beneficios se debe medir dicha área sombreada de acuerdo con la siguiente fórmula para cada uno de los veinte años de operación del proyecto:

$$\left(\text{Beneficio Social por mayor consumo} \right) = (q^{cp} - q^{sp}) * \left(\frac{p^{cp} + p^{\text{racionamiento}}}{2} \right)$$

donde:

- q^{cp} es el consumo específico con proyecto, en [l/h/d]; este consumo es creciente año en año.
- q^{sp} es el consumo específico sin mejoramiento, en [l/h/d]; este consumo es constante.
- p^{cp} es el cargo variable a aplicar obtenido en la etapa A.I; en [Sus/l], o el que en definitiva se cobrará³³.

33 / Si se tratara de un proyecto donde se ha optado por no incluir medidores individuales de consumo $p^{cp} = 0$.

- $p^{\text{racionamiento}}$ es un precio, en [\$/l], que representa el valor del agua en condiciones de racionamiento. Este precio debe determinarse con un procedimiento similar al usado en el análisis de consistencia, tomando en cuenta el supuesto que la demanda es recta y que la elasticidad precio está de acuerdo al mapa de la demanda de agua en Bolivia en el punto indicado en el Gráfico N° 2. Para su estimación tomamos en cuenta el siguiente razonamiento:

$$\eta = \frac{\Delta q}{\Delta p} * \frac{p}{q} = \frac{1}{m} * \frac{p}{q} = m * \frac{p^{c/p}}{q^{c/p}} = \text{elasticidad precio}$$

Aplicando la ecuación de una recta al punto de consumo $q^{c/p}$ se obtiene el coeficiente de posición "a" (la cantidad donde la recta de demanda corta el eje horizontal) y con él la ecuación de la recta:

$$q = a + mp \Rightarrow q^{c/p} = a + (-\eta) * \frac{q^{c/p}}{p^{c/p}} * p^{c/p}$$

$$\Rightarrow a = q^{c/p} * [1 + \eta]$$

$$\Rightarrow q = 1 + \eta * q^{c/p} - \eta * \frac{q^{c/p}}{p^{c/p}} * p$$

que es la ecuación general de la recta de demanda válida para cualquier combinación de cantidad demanda (q) y (p).

Finalmente, aplicando la ecuación obtenida al punto de consumo $q = q^{s/p}$ se obtiene el precio $p^{\text{racionamiento}}$ buscado:

$$q^{s/p} = [1 + \eta] * q^{c/p} - \eta * \frac{q^{c/p}}{p^{c/p}} * p^{\text{racionamiento}}$$

$$\Rightarrow p^{\text{racionamiento}} = p^{c/p} * \frac{[1 + \eta] * q^{c/p} - q^{s/p}}{\eta * q^{c/p}}$$

Con esa fórmula se obtiene el precio $p^{\text{racionamiento}}$ buscado en [\$/l] pero

teniendo la precaución de usar p^{sp} también en [$\$/s/l^{34}$]. Aquí conviene tener presente que el consumo específico q^{cp} es creciente año a año, pero no así q^{sp} . Ello indica que el racionamiento que evita el proyecto es creciente, por lo que $p^{\text{racionamiento}}$ también lo será. Consecuentemente, esa fórmula es necesaria aplicarla para cada uno de los veinte años de operación del proyecto.

El tratamiento que debe seguirse para estimar los beneficios sociales del grupo pobre es similar a los del grupo no pobre teniendo en cuenta que debe considerarse el consumo específico del grupo.

A.3.2 Cálculo del beneficio social de los consumidores del Grupo III

Este grupo de consumidores se caracteriza por tener conexiones de agua potable sin problemas de presión, pero sin conexiones de alcantarillado.

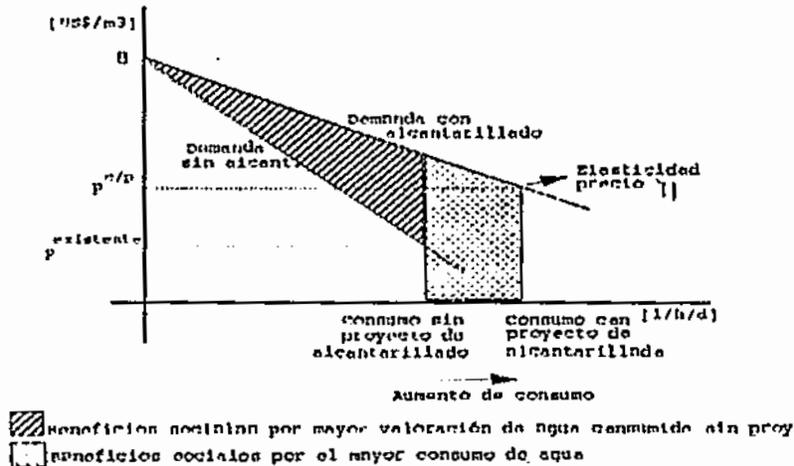
Para este grupo de consumidores los beneficios sociales del proyecto se ocasionan por el mayor consumo que posibilita el alcantarillado conjuntamente con la mayor valoración del agua al poder eliminar las aguas servidas sin riesgo sanitario. Conceptualmente, en el Gráfico N° 3 se presenta la medición de los beneficios, se muestra la situación para un año t cualquiera de los veinte años de operación del proyecto.

34 / Si se trata de un proyecto donde se ha optado por no incluir medidores individuales de consumo la fórmula a usar es la siguiente:

$$p^{\text{racionamiento}} = p^{\text{variable}} \cdot \frac{1+t}{r} \cdot \frac{q^{cp} \cdot q^{sp}}{q^{cp}}$$

donde p^{variable} se obtiene de la fórmula para el cargo variable del acápite A.1

Gráfico N° 3
Beneficios Sociales del Proyecto de Mejoramiento para el Grupo III
sin limitaciones de presión y sin conexión de alcantarillado



El Gráfico N° 3 muestra como aumenta la valoración de consumo de agua, produciéndose un aumento de la demanda: la disposición a pagar del agua se incrementa al hacerse más valiosa por el proyecto de alcantarillado. Por ejemplo, los consumidores se verían beneficiados aún si no pudieran aumentar su consumo de agua, lo que se refleja en la mayor altura de la demanda con proyecto; pero lo que normalmente sucede es que el consumo aumenta.

El beneficio social se mide calculando el área bajo recta de demanda con alcantarillado (las dos áreas sombreadas del gráfico) y restando la recta de demanda sin alcantarillado.

En la construcción del Gráfico N° 3 se ha supuesto que el cargo variable a aplicar difiere del existente y que la tarifa a aplicar sería la óptima

calculada en la etapa A.1³⁵.

El beneficio social del proyecto se calcula midiendo las dos áreas sombreadas aplicando la siguiente fórmula³⁶:

$$\left(\text{Beneficio social por mayor consumo y calificación} \right) = q^{cp} * \frac{p^{cp} + B}{2} - q^{sp} * \frac{p^{existente} + B}{2}$$

donde:

- q^{cp} es el consumo específico con proyecto, en [l/h/d].
- q^{sp} es el consumo específico sin proyecto, en [l/h/d].
- p^{cp} es el cargo variable a aplicar con proyecto en [US\$/l].
- $p^{existente}$ es el cargo variable existente en [US\$/l].
- B es un precio a determinar en [US\$/l].

El precio B se puede obtener a partir del nivel de consumo de agua con alcantarillado. Para ello se utiliza como referencia lo mostrado en el Gráfico N° 3, donde se muestra que la elasticidad precio de la demandada con proyecto es $-\eta$ en el punto de consumo con proyecto. La mecánica de cálculo es similar a la que se había usado antes.

Tal como se muestra en el Gráfico N° 3, para calcular B se reconoce que la demanda de agua es recta (de la forma $q = a + m * p$) y que tiene elasticidad precio η para el consumo q^{sp} en [\$/l]. Esto es similar a lo que se supone en el análisis de consistencia.

35 / Si no se aplicara la tarifa óptima, no cambian las fórmulas que se deducirán a continuación.

36 / Si se tratara de un proyecto donde se ha optado por no incluir medidores individuales de consumo, las variables a usar en la fórmula son:

$$\begin{aligned} \cdot p^{cp} &= 0 \\ \cdot p^{sp} &= 0 \end{aligned}$$

Realizando el mismo procedimiento que en A.3.1 llegamos a la ecuación de la recta de demanda válida para cualquier combinación de consumo (q) y precio (p).

$$\Rightarrow q = [1 + \eta] * q^{cp} - \eta * \frac{q^{cp}}{p^{cp}} * p ;$$

Aplicando la ecuación obtenida al punto de consumo $q=0$ se obtiene el precio B buscado:

$$0 = [1 + \eta] * q^{cp} - \eta * \frac{q^{cp}}{p^{cp}} * B$$

$$\Rightarrow B = \frac{[1 + \eta]}{\eta} * p^{cp}$$

Con esta fórmula se obtiene el precio B buscado en [\$/s/l] pero teniendo la precaución de usar p^{cp} también en [\$/s/l]³⁷.

La estimación de beneficios para el grupo pobre difiere de la presentada para el grupo no pobre en que hay que tomar en cuenta los consumos (q^{cp}) del grupo pobre definido en el acápite 3.2.2.

A.3.3 Cálculo del beneficio social de los consumidores del Grupo IV

Este grupo de consumidores se caracteriza por tener conexiones de agua potable con problemas de presión, pero sin conexiones de alcantarillado.

La diferencia con el caso de los consumidores del grupo III sin problemas

³⁷ / Si se tratara de un proyecto donde se ha optado por no incluir medidores individuales de consumo, la fórmula a usar es la siguiente:

$$B = \frac{1 + \eta}{\eta} * p^{variable}$$

de presión se relaciona con el racionamiento asociado a la menor presión. En el gráfico N° 4 se esquematiza la medición de beneficios para un año t cualquiera de los veinte años de operación del proyecto.

Muestra, al igual que en el caso del Grupo III, como aumenta la valoración del consumo de agua, produciéndose un aumento de la demanda: la disposición a pagar por el agua se incrementa al hacerse más valiosa por el proyecto de alcantarillado. La diferencia con el caso anterior es que existe un precio de racionamiento para la situación sin proyecto.

El beneficio social del proyecto se calcula midiendo las dos áreas sombreadas, aplicando la siguiente fórmula³⁸:

$$\left(\text{Beneficio social por mayor consumo y valoración} \right) = q^{cp} * \frac{p^{cp} + B}{2} - q^{sp} * \frac{p^{\text{racionamiento}} + B}{2}$$

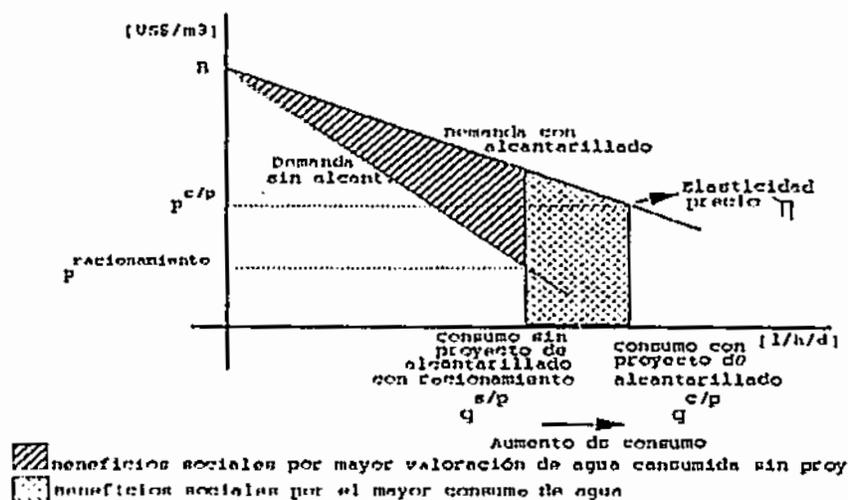
donde:

- q^{cp} es el consumo específico con proyecto, en [l/h/d].
- q^{sp} es el consumo específico sin proyecto en [l/h/d], disminuido por el problema de racionamiento que impone el problema de presión..
- p^{cp} es el cargo variable a aplicar con proyecto en [Sus/l].
- $p^{\text{racionamiento}}$ es el precio de racionamiento implícito [Sus/l], a determinar.
- B es un precio a determinar en [Sus/l].

³⁸ / Si se tratara de un proyecto donde se ha optado por no incluir medidores individuales de consumo, las variables a usar en la fórmula son:

$$\begin{aligned} & \cdot p^{cp} = 0 \\ & \cdot B = \frac{1 + \eta}{\eta} * p^{\text{variable}} \end{aligned}$$

Gráfico N° 4
Beneficios sociales del proyecto de mejoramiento para el Grupo IV
con limitaciones de presión y sin conexión de alcantarillado

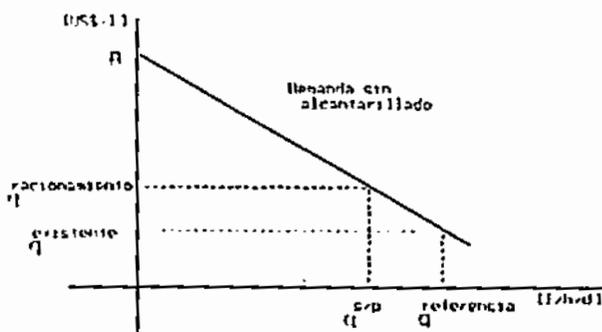


El precio B se puede obtener a partir del nivel de consumo de agua con alcantarillado y tal como antes se aplica la siguiente fórmula:

$$B = \frac{[1 + \eta] * p^{c/p}}{|\eta|}$$

Para calcular el precio $p^{\text{racionamiento}}$ se requiere de alguna elaboración porque se desconoce un punto de consumo (q,p) que quede sobre la demanda sin proyecto de alcantarillado. Una manera de resolver el problema es suponer simplemente que, si no hubieran problemas de presión, se estaría en la misma situación del Grupo III y se consumiría q^{sp} de ese grupo al cargo variable $p^{\text{existente}}$. Esto se esquematiza en el Gráfico N° 5.

Gráfico N° 5
Situación sin proyecto en el año t



La nomenclatura usada en gráfico N° 5 es la siguiente:

- qs/p es el consumo específico sin proyecto en [l/h/d], disminuido por el racionamiento que impone el problema de presión.
- $p^{\text{racionamiento}}$ es el precio de racionamiento implícito en [\$/s/l], a determinar
- $p^{\text{existente}}$ es el cargo variable existente en [\$/s/l]³⁹.
- $q^{\text{referencia}}$ es un consumo en [l/h/d]; es el que habría si no hubieran problemas de presión y se supone igual al del grupo III (que no tiene esos problemas).
- B es el mismo precio en [\$/s/l] identificado antes.

Para encontrar el $p^{\text{racionamiento}}$ buscado, se procede como sigue: primero se aplica la ecuación general de la recta de demanda: $q = a + mp$, al punto de consumo de referencia y precio existente:

$$q^{\text{referencia}} = a + m * p^{\text{existente}}$$

En segundo lugar, se aplica la ecuación general al punto de consumo nulo

³⁹ / Si se tratara de un proyecto donde se ha optado por no incluir medidores individuales de consumo $p^{\text{existente}} = 0$.

donde el precio es B:

$$0 = a + m * B$$

En tercer lugar, se resuelve el sistema de dos ecuaciones escrito y se despejan las dos incógnitas "a" y "m".

$$m = - \frac{q^{\text{referencia}}}{B - p^{\text{existente}}}$$

$$a = B * \frac{q^{\text{referencia}}}{B - p^{\text{existente}}}$$

Ahora ya se está en condiciones de escribir la ecuación general de la recta de demanda para cualquier combinación (p,q):

$$q = [B - p] * \frac{q^{\text{referencia}}}{B - p^{\text{existente}}}$$

Finalmente, aplicando la ecuación general obtenida se obtiene el precio buscado:

$$q^{s/p} = [B - p^{\text{racionalmente}}] * \frac{q^{\text{referencia}}}{B - p^{\text{existente}}}$$

reordenando:

$$\Rightarrow p^{\text{racionalmente}} = B * \left(1 - \frac{q^{s/p}}{q^{\text{referencia}}}\right) + \frac{q^{s/p}}{q^{\text{referencia}}} * p^{\text{existente}}$$

Se debe tomar en cuenta los consumos ($q^{s/p}$) del grupo definido en el estudio regionalizado de la demanda.

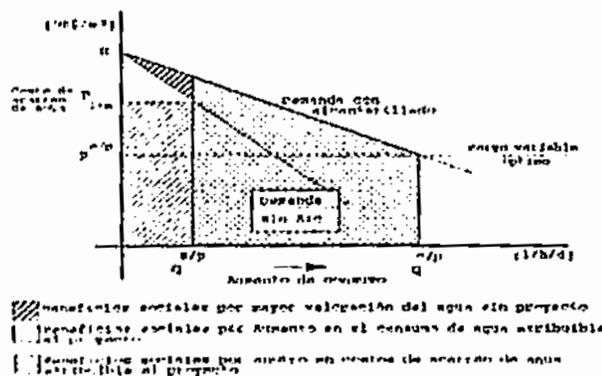
A.3.4 Cálculo del beneficio social de los consumidores del Grupo V

Este grupo de consumidores se caracteriza por no tener conexiones de agua

potable ni de alcantarillado: en este grupo se incluyen tanto los consumidores que en la actualidad no tienen esas conexiones como los que, por crecimiento de la cobertura en la comunidad, requerirán conectarse a la red en el futuro.

Los beneficios sociales del proyecto son esencialmente por el mayor consumo de agua. Ese mayor consumo se origina en la mayor facilidad de consumo proveída por el proyecto, tanto porque las conexiones de agua domiciliaria evitan el acarreo del agua, ya que sin conexiones deben buscarse medios alternativos para proveerse de ella, como porque el agua se hace mas valiosa al poder mantener bajo control los problemas de disposición de aguas servidas sin riesgo sanitario. Pero también deben contabilizarse beneficios sociales por ahorros en costos de acarreo de agua. Conceptualmente, en el Gráfico N° 6 se presenta la medición de los beneficios.

Gráfico N° 6
Beneficios Sociales del Proyecto de Mejoramiento para el Grupo V
sin conexión de agua ni de alcantarillado



La nomenclatura usada es la siguiente:

- q^{sp} es el cantidad consumida sin conexión de agua, en [l/h/d].
- q^{cp} es el cantidad consumida con proyecto, en [l/h/d].
- $p^{v/p}$ es el cargo variable óptimo, en [\$/l]⁴⁰.
- P^{im} es el costo unitario de acarreo de agua sin proyecto en [\$/l].
- B es un precio a determinar en [\$/l].

40 / Si se tratara de un proyecto donde se ha optado por no incluir medidores individuales de consumo $p^{v/p} = 0$.

El beneficio social del proyecto se calcula midiendo el área remarcada del gráfico, de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\left(\begin{array}{l} \text{Beneficio social por} \\ \text{mayor consumo,} \\ \text{valoración y ahorro} \\ \text{por acarreo} \end{array} \right) = q^{csp} * \frac{p^{csp} + B}{2} - q^{sfp} * \frac{B - p_{lim}}{2}$$

Para conocer P_{lim} o el valor del acarreo del agua medido en \$us/l es necesario procesar la encuesta socio-económica considerando las distintas posibilidades de consumo alternativo (de acuerdo a lo expresado en acápite 3.2.1.).

Para calcular el beneficio social se requiere entonces identificar las 5 variables p^{csp} , q^{csp} , p_{lim} , q^{sfp} y B que es una variable auxiliar que debe calcularse tal como se lo había llevado a cabo antes:

$$B = \frac{|1+\eta|}{|\eta|} * p^{csp}$$

Con esa fórmula se obtiene el precio B buscado en [\$us/l] pero teniendo la precaución de usar p^{csp} también en [\$us/l].

La estimación de beneficios para un grupo pobre diferiría de la presentada para el grupo no pobre en que se deben tomar en cuenta (la función de demanda) los consumos (q^{csp}) del grupo pobre definido en el capítulo 4.

A.3.5 Beneficios sociales de los consumidores no residenciales

Los consumidores no residenciales lo forman tres tipos de consumidores:

- Consumidores comerciales
- Consumidores industriales

- Consumidores públicos

El consumo de agua de estos consumidores puede verse como una actividad derivada de sus propias acciones que no tienen el objetivo específico de consumir agua. Esto significa que las personas se benefician indirectamente a través de los menores costos de producción de las actividades productoras de bienes y servicios de estos consumidores no residenciales, pues el proyecto permite disminuir a éstos los costos de realizar las actividades que le son propias.

La medición de los beneficios del proyecto requiere identificar la demanda derivada por agua. Para ello conviene tener presente que el costo del agua de estos consumidores no residenciales probablemente es (casi) una fracción insignificante del costo total de realizar sus actividades productoras, por lo que normalmente su demanda es bastante inelástica al precio del agua. Esto es reforzado por el hecho de que el agua no tiene sustitutos cercanos.

En términos prácticos esto significa que los consumidores no residenciales no dejarán de producir ante variaciones en el precio del agua. Por ejemplo, considere el caso de los consumidores del grupo VII, que tienen problemas de presión que limita sus posibilidades de consumo a algunas horas del día; esto puede verse como un aumento en el precio por el racionamiento impuesto, tal como se presentó en el caso de los consumidores residenciales. Puede preverse que, ante esa dificultad, los consumidores incurrirán en costos para evitar que la menor disponibilidad de agua afecte sus actividades productivas. Tal vez se incurrirán en costos

de almacenamiento de agua en las horas en que existe la posibilidad de acumular agua, y así evitar la menor producción por falta de agua. Luego, los beneficios del proyecto se asocian más a ahorros en costos de almacenamiento de agua que a mayor consumo. En otros casos pueden ser ahorros en métodos alternativos de aprovisionamiento de agua. Pero de todas maneras es probable que realicen actividades que les permitan ahorrar agua.

Por otra parte, existe una diferencia con respecto a la medición de beneficios que ya se presentó para los consumidores residenciales, en los casos de consumidores que se conectan a la red de alcantarillado. Esta reside en que la mayor parte de los beneficios asociados a la eliminación de problemas sanitarios probablemente esté ya representado por la mayor valoración del agua de los consumidores finales. Luego, como los consumidores no residenciales realizan actividades productivas con un beneficio indirecto, resulta conveniente no considerar nuevamente beneficios por mayor valoración de agua. Consecuentemente, el mayor consumo asociado a los consumidores no residenciales de los grupos VIII y IX, que no tienen conexiones de alcantarillado, debieran medirse sin considerar mayor valoración del agua; con ello se evita considerar por segunda vez ese beneficio. En términos prácticos esto significa que la medición de los beneficios no difiere conceptualmente de los que se midan para grupo VII, que ya tiene conexiones de alcantarillado, excepto naturalmente en el hecho que consumirán más agua. Algo similar ocurre con los consumidores no residenciales del grupo X, sin conexiones de agua ni de alcantarillado.

Todo lo anterior hace que sea difícil estimar con precisión los beneficios

sociales del proyecto. Sin embargo, desde un punto de vista netamente práctico, no debiera gastarse mucho esfuerzo en medir los beneficios sociales de estos cinco grupos no residenciales, porque normalmente estos constituyen una fracción minoritaria de los beneficios. Luego, un error en la estimación de ellos no afectará significativamente el resultado de la evaluación.

A continuación se propone un procedimiento de cálculo que no es muy preciso pero que es aceptable, teniendo en cuenta que las aproximaciones que se harán no incidirán mayormente en el resultado final de la evaluación social⁴¹. El procedimiento propuesto es simplemente utilizar parte de las fórmulas que ya se deducieron para los consumidores residenciales.

A.3.5.1 Cálculo del beneficio social de los consumidores del Grupo VII

Este grupo de consumidores industriales, comerciales y/o públicos se caracteriza por tener conexiones de agua potable y alcantarillado pero con problemas de presión. Luego, se identifican beneficios por el mayor consumo que posibilitará el proyecto de mejoramiento al eliminar el racionamiento obligado del consumo en las horas de baja presión⁴².

Se sugiere aplicar la misma fórmula deducida para consumidores

⁴¹ / La evaluación privada no requiere de estas aproximaciones.

⁴² / Si no se identificaran cambios apreciables en los consumos se deberá estimar ahorros de costos.

residenciales. Los beneficios se miden aplicando la siguiente fórmula:

$$\left(\text{Beneficio Social por mayor consumo} \right) = (q^{c/p} - q^{s/p}) * \left(\frac{p^{c/p} + p^{\text{racionamiento}}}{2} \right)$$

donde:

- $q^{c/p}$ es el consumo específico con proyecto, debe obtenerse de un estudio específico de la demanda del grupo en cuestión.
- $q^{s/p}$ es el consumo específico sin mejoramiento, debe obtenerse tal como se expuso en el acápite 3.2.1
- $p^{c/p}$ es el cargo variable óptimo a aplicar obtenido en A.1; en [\$/s/l], o el que en definitiva cobrará.
- $p^{\text{racionamiento}}$ es un precio, en [\$/s/l], que representa el valor del agua en condiciones de racionamiento. Este precio debe determinarse con la siguiente fórmula suponiendo la misma elasticidad precio que en los consumidores domésticos:

$$p^{\text{racionamiento}} = p^{c/p} * \frac{[1 + \eta] * q^{c/p} - q^{s/p}}{\eta * q^{c/p}}$$

Con esa fórmula se obtiene el beneficio social individual buscado en [\$/s/cliente/día]. Se convierte en un flujo de beneficios sociales anuales, en [\$/s/año], multiplicándolo por el número de clientes beneficiados cada año y por 365.

A.3.5.2 Cálculo del beneficio social de los consumidores del Grupo VIII

Este grupo de consumidores se caracteriza por tener conexiones de agua potable sin problemas de presión, pero sin conexiones de alcantarillado. Tal como se indicó, se contabilizan sólo beneficios por mayor consumo y se excluyen beneficios por mayor valoración

del agua. Se aplica la misma fórmula de los consumidores no residenciales del grupo VII, teniendo cuidado de usar la elasticidad precio-con alcantarillado-, el nuevo consumo con proyecto (q^{ep}) y el consumo sin proyecto del grupo.

A.3.5.3 Cálculo del beneficio social de los consumidores del Grupo IX

Este grupo de consumidores se caracteriza por tener conexiones de agua potable con problemas de presión, pero sin conexiones de alcantarillado. Los beneficios se miden igual que para el caso del grupo VIII, tal como se indicó, por lo que se aplica la misma fórmula

A.3.5.4 Cálculo del beneficio social de los consumidores del Grupo X

Este grupo de consumidores se caracteriza por no tener conexiones de agua potable ni de alcantarillado. En este grupo se incluyen tanto los consumidores que en la actualidad no tienen esas conexiones como los que, por crecimiento de comunidad requerirán conectarse a la red en el futuro. Se propone aplicar la misma fórmula que se propuso para el grupo VII, pero suponiendo que sin proyecto se consume lo estimado para el grupo en el acápite 3.2.1

A.4 Evaluación Social del Proyecto

Para llevar a cabo la evaluación social del proyecto se requieren calcular dos indicadores de rentabilidad: El VAN Social y el Índice del VAN Social^{43/}

El cálculo del Valor Actualizado Neto Social (VAN Social), se calcula a partir de la estimación de beneficios y costos sociales que se obtuvieron en las etapas anteriores, se debe aplicar la siguiente fórmula:

$$\text{VAN Social} = \left[\begin{array}{c} \text{Valor Pres. de} \\ \text{los Beneficios} \\ \text{Sociales} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Valor Pres. de} \\ \text{de los Costos} \\ \text{de Inversión} \end{array} \right] - \left[\begin{array}{c} \text{Valor Pres. de} \\ \text{de los Costos} \\ \text{de Operación} \end{array} \right]$$

El VAN Social indica en cuánto aumenta la riqueza del país por efecto del proyecto. Para considerar llevar a cabo una inversión, siempre debemos esperar que este indicador sea positivo.

El índice del Valor Actual Neto Social se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Índice del VAN Social} = \frac{\text{Valor actualizado Neto Social}}{\text{Valor Presente de los Costos de inversión}}$$

El índice del VAN Social indica en cuánto aumenta la riqueza nacional por unidad de inversión. Dicho índice deberá demostrar un valor mayor a uno para considerar llevar a cabo el proyecto.

^{43/} Es de interés también calcular la Tasa Interna de Retorno Social (TIR's), que es aquella tasa de descuento que hace nulo el VAN Social.

Mientras los indicadores señalados, demuestren que el proyecto es rentable para el país, el gobierno, a través del Tesoro General de la Nación (TGN), deberá hacer un esfuerzo para financiarlo. Caso contrario se deberá plantear otra alternativa y redimensionar el proyecto a fin de volver a calcular otros beneficios sociales, hasta que la alternativa técnica propuesta sea rentable. Solo si existe un costo de oportunidad alternativo a la inversión, que tenga mejores posibilidades de autofinanciarse a través de tarifas, se eliminará momentáneamente dicha inversión que ocasionará mayores déficits, prefiriéndose la que es autosustentable financieramente.

BIBLIOGRAFÍA

1. CARDENAS, Faustino
 Proyecto de Tesis, 1991, La Paz, Bolivia.

2. CIAPEP-ODEPLAN-P. U. CATOLICA DE CHILE
 Programa de Adiestramiento en Preparación y Evaluación
 de Proyectos, Evaluación Socioeconómica de Proyectos,
 Lecturas Seleccionadas, Tomo V, 1991, Santiago, Chile.

3. CIAPEP-ODEPLAN-P. U. CATOLICA DE CHILE
 Programa de Adiestramiento en Preparación y Evaluación
 de Proyectos, Abastecimiento de Agua Potable para la
 Segunda Región (Estudio de Caso), Diciembre, 1987,
 Santiago, Chile.

4. DAMODAR, Gujarati
 Econometría, McGraw-Hill, Segunda Edición.

5. DE AZEVEDO NETTO, José
 Manual Brasileiro de Tarifas de Agua, CRAM, Imp.
 Universitaria, 1967, Recife, Brasil.

6. ECO, Humberto
 Cómo se Hace una Tesis, 6ta. Edición, 2da. Reimpr.,
 Gedisa, 1986, México.

7. FONDO NACIONAL DE DESARROLLO REGIONAL (FNDR)
Guías Preliminares de Evaluación Económica, Consultora Julián Velasco & Asociados Ltda, La Paz, Bolivia, Agosto, 1991.

8. FONTAINE, Ernesto
El Rol del Sistema de Precios en el Crecimiento Económico: El Estado y el Sector Privado, Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto de Economía, Marzo, 1991, Santiago, Chile.

9. FONTAINE, Ernesto
Evaluación Social de Proyectos, Ediciones Universidad Católica de Chile, Tercera Edición Revisada.

10. MINISTERIO DE PLANEAMIENTO Y COORDINACIÓN
Seminario de Adiestramiento en Identificación, Formulación y Evaluación de Inversiones en el Area Social, Bajo la Modalidad de Perfiles Afinados. Agua Potable y Alcantarillado, Tomos I-IV, (Versión Preliminar), Septiembre, 1990, La Paz, Bolivia.

11. MINISTERIO DE PLANEAMIENTO Y COORDINACIÓN
Normas de Diseño Para Sistemas de Agua Potable, 1976, Bolivia.

12. OFICINA DE PLANIFICACION NACIONAL (ODEPLAN)
Inversión Pública Eficiente, Un Continuo Desafío,

Santiago, Chile, Febrero, 1990.

13. ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICO (OCDE)
El Impacto de los Proyectos de Desarrollo sobre la Pobreza, 1989, Bogotá, Colombia.
14. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS)
Conferencia Regional Sobre Abastecimiento de Agua y Saneamiento, Volumen 1, Puerto Rico, Septiembre, 1991.
15. POWERS, Terry A
Guía Para la Evaluación de Proyectos de Agua Potable, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Monografía de Análisis de Proyectos No. 4, Washington, D.C., Noviembre, 1976.
16. POWERS, Terry A; VALENCIA, Carlos A
Modelo de Simulación de Obras Públicas (SIMOP), Manual del Usuario, Banco Interamericano de Desarrollo (BID), Monografía de Análisis de Proyectos No. 5 (Revisado 1), Washington, D.C., Noviembre, 1978.
17. SECRETARIA AGRIC. Y RECURSOS HIDRAULICOS, Comisión Nacional del Agua
Estudio de Obtención de Curvas de Demanda de Agua Potable Mediante la Aplicación Directa de Encuestas en 24

Localidades del País, Mexico, Julio de 1990.

18. SPIEGEL, Murray

Estadística, 2da. Edición, McGraw-Hill, España, 1991.

19. UNICEF

Estado Mundial de la Infancia, 1995.

ANEXO I
ENCUESTA SOCIO-ECONOMICA TIPO

ENCUESTA PRELIMINAR DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

ESTA ENCUESTA HA SIDO AUTORIZADA POR LAS LEYES CORRESPONDIENTES Y SU UTILIZACION SERA ESTRICTAMENTE CONFIDENCIAL, SIN TRATAMIENTO DE CASOS PARTICULARES.

A.- DATOS BASICOS

ENCUESTA PERSONAL No.

1.- Encuesta # 2.- Zona 3.- Manzano 4.- Lote del Manzano

5.- Fecha 6.- Direccion

7.- Encuestador 8.- De la familia entrevistada el que responde las preguntas es?.....

PADRE	1
MADRE	2
OTRO	3

ENVIOVE EL CARENTESCO RESPECTO AL JEFE DEL HOGAR

B.- DATOS DE LA VIVIENDA

9.- Numero de Familias en la Vivienda...

10.- Numero de Personas en la Vivienda...

11.- Numero de personas en la FAMILIA...

C. DATOS SOBRE ORIGEN Y CONSUMO DE AGUA

13.- Cual es la principal fuente de suministro de agua que esta vivienda utiliza? (marcar una)

CONEX. RED PUB.	1	VECINO	4	LLUVIA	7
WORIA PUBLICA	2	WORIA PRIV.	5	VERTIENTE	8
CISTERNA	3	PILETA PUBL.	6	RIO	9

SI NO TIENE CONEXION A LA RED PUBLICA PASE A PREGUNTA 21: SI LA TIENE, PRESUNTE:

14.- Tarifa mensual promedio por solo el consumo de agua (no considere otros cobros) Res./MES

15.- Cuantas horas al dia, en promedio, recibe el agua?

16.- Cuantos arifos de agua tiene?

17.- Cuantos Inodoros tiene?

18.- Cuantas durbas tiene?

19.- Dispone de un tanque de almacenamiento? SI No

(Si la respuesta es SI pase a P. 20 caso contrario continúe en P. 27)

20.- Que capacidad tiene su tanque? (LITROS)

SI LA FUENTE DE AGUA ESTA FUERA DE LA VIVIENDA

21.- Cuantos viajes por dia debe hacer?

22.- Que capacidad (en litros) tiene el recipiente que utiliza para acarrear

23.- Cuantos recipientes trae en cada viaje?

24.- Cuantas personas van en cada viaje?

25.- Cuantos minutos gasta en el viaje de ida y vuelta incluyendo la espera?

26.- Quien acarrea el agua con mas frecuencia?

PADRE	1	HIJOS > 11	4
MADRE	2	OTROS < 11	5
HIJOS < 11	3	OTROS > 11	6

27.- Tiene una segunda fuente permanente de agua que esta vivienda utiliza? (Marque una)

CONEX. RED PUB.	1	VECINO	4	LLUVIA	7
WORIA PUBLICA	2	WORIA PRIV.	5	VERTIENTE	8
CISTERNA	3	PILETA PUBL.	6	RIO	9
				NINGUNA	0

p. 33

28.- Cuantos viajes por dia debe hacer?

29.- Que capacidad (en litros) tiene el recipiente que utiliza para acarrear

30.- Cuantos recipientes trae en cada viaje?

31.- Cuantas personas van en cada viaje?

32.- Cuantos minutos gasta en el viaje de ida y vuelta incluyendo la espera?

33.- La cantidad de agua que consumo de las dos fuentes sumadas, es suficiente para su uso? SI NO

D.- DATOS SOBRE ALCANTARILLADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS

34.- Cual es la forma principal de evacuar las aguas servidas en esta vivienda?

- RED ALCANTARILLADO... A LA CALLE.....
 FOSA SEPTICA..... ACEQUIA O RIO...
 LETINA O POZO..... OTRO _____

SI LA RESPUESTA ES 2 O 3 PASE A PREG. 35. SI NO CONTINUE CON PREG. 36.

35.- Cuanto gasta al año en el mantenimiento de su sistema de eliminación de aguas? Bs./AÑO

36.- ESTARIA INTERESADO A CONECTARSE A LA NUEVA RED DE ALCANTARILLADO A INSTALARSE. ESTE SERVICIO REQUERIRA DE PARTE DE SU FAMILIA UN PAGO MENSUAL

SI NO

SI LA RESPUESTA ES NO. PASE A LA PREGUNTA 38

37.- Dispone de baño en su vivienda..... SI NO

HAGA LA SIGUIENTE PREGUNTA SOLO A QUIENES CONSIDERAN QUE NO TENDRAN DAÑO

38.- Estaría Ud. dispuesto a gastar un monto determinado para construir su baño en caso de contar con el nuevo servicio de alcantarillado?

SI NO

39.- Si no está interesado a conectarse a la red de alcantarillado, cual es la razón?

- NO LE INTERESA EL NUEVO ALCANTARILLADO.....
 VA A CAMBIAR DE DOMICILIO.....
 EL RINCO DE LA VIVIENDA DEBERIA PAGAR.....
 NO PODRIA PAGAR LA TARIFA MENSUAL.....
 NO PODRIA PAGAR LAS OBRAS DEL BAÑO.....
 OTRA RAZON _____

D.- DATOS DEL HOGAR

Cuantos bolivianos gasta MENSUALMENTE este hogar, por concepto de:

- 40.- ALIMENTOS Y BEBIDAS
 41.- VIVIENDA: ALQUILER, AMORTIZACION
 42.- AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
 43.- ENERGIA ELECTRYICA
 44.- COMBUSTIBLES: GAS, KEROSENE, LEÑA, ETC
 45.- TRANSPORTES.....
 46.- TELEFONO Y COMUNICACIONES.....
 47.- DIVERSIONES.....
 48.- OTROS

TOTAL GASTOS MENSUALES Bs

Cuantos bolivianos gasta ANUALMENTE este hogar, por concepto de:

- 49.- VESTUARIO Y CALZADO
 50.- EDUCACION Y CULTURA
 51.- SALUB
 52.- ARTEFACTOS ELECTRODOMESTICOS ..
 53.- OTROS

TOTAL GASTOS ANUALES Bs

TOTAL GASTO PROMEDIO MENSUAL Bs

Cuanto reciben MENSUALMENTE los miembros de este hogar ?

- 54.- POR SUELDOS Y SALARIOS.....
 55.- POR UTILIDADES O DE VENTAS.....
 56.- AYUDA DE PARIENTES
 57.- RENTAS Y JURILACIONES.....
 58.- OTROS (Actividades Mineras, etc)

BOLIVIANOS/MES

INGRESO TOTAL MENSUAL Bs

59.- Cuanto vale en promedio un jornal de trabajo en esta ciudad.? Bs/día

60.- _____
 Nombre de la Persona Encuestada (Opcional)

ANEXO II

Mapas de Bolivia

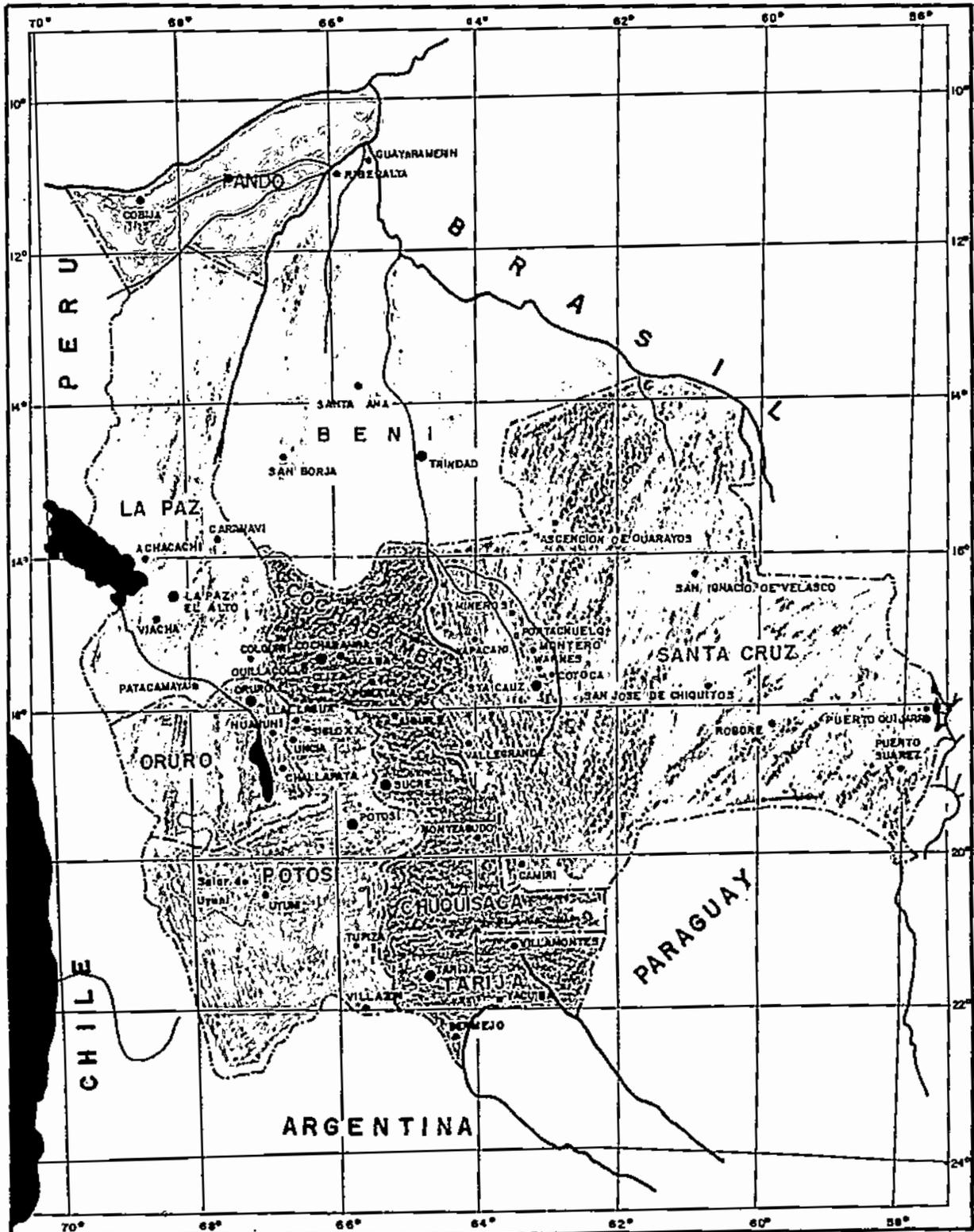
(Considerando la ubicación de Ciudades mayores a 5000 habitantes)

- **Mapa No. 1** **Mapa Político**
- **Mapa No. 2** **Mapa Orográfico**
- **Mapa No. 3** **Mapa Climático**
- **Mapa No. 4** **Mapa Combinado Político-Orográfico y
Climático**

N° 1

MAPA POLITICO DE BOLIVIA

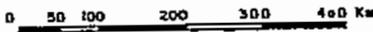
UBICACION DE CIUDADES MAYORES A 5.000 HABITANTES



0 50 100 200 300 400 Km.

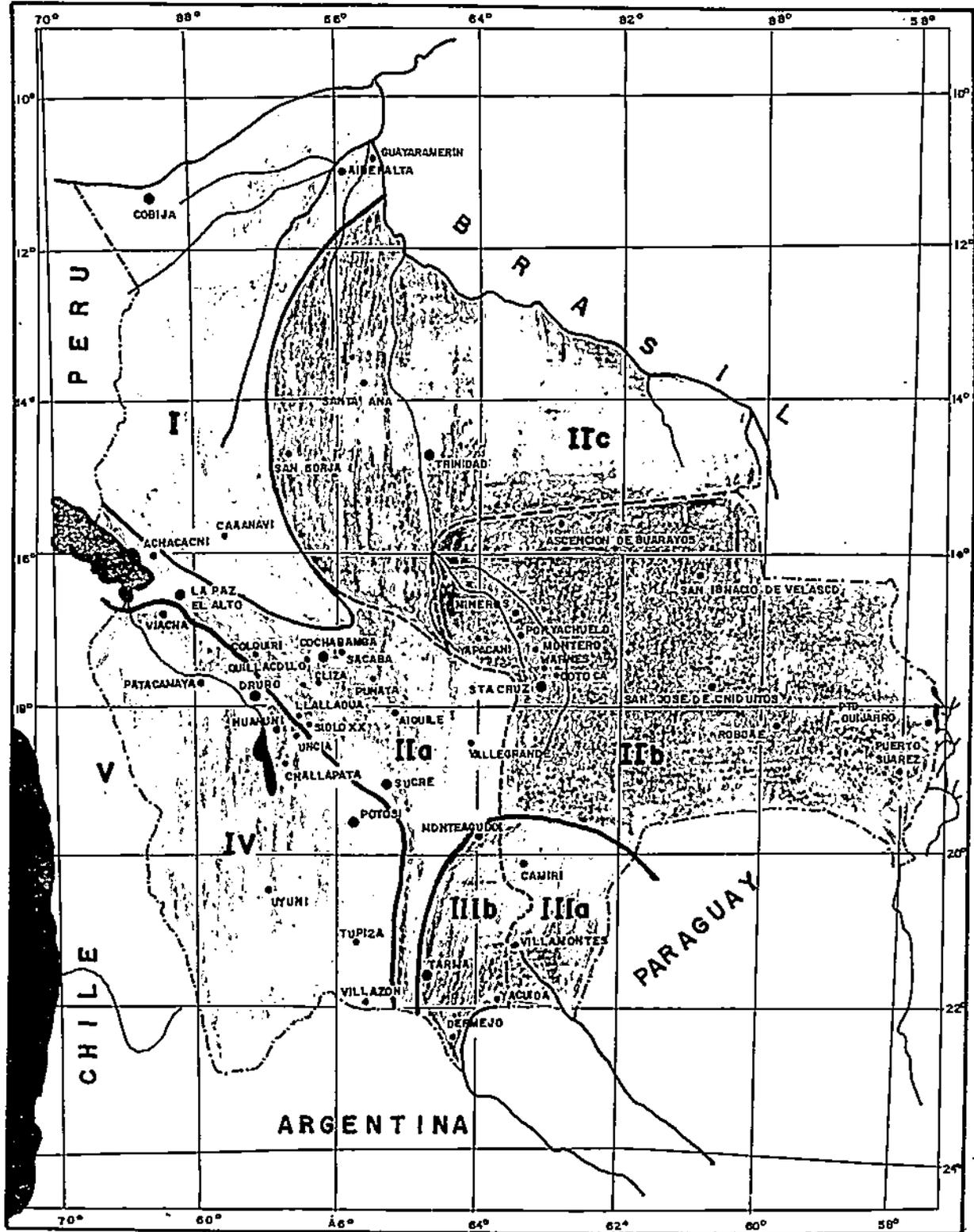
MAPA OROGRAFICO DE BOLIVIA

UBICACION DE CIUDADES MAYORES A 5.000 HABITANTES



MAPA CLIMATICO DE BOLIVIA

UBICACION DE CIUDADES MAYORES A 5.000 HABITANTES



0 50 100 200 300 400 Km.