

CAPÍTULO IV

SISTEMA TARIFARIO PROPUESTO

El sistema tarifario que se propone en este estudio es el basado en tarificación a costo marginal. Los cálculos que siguen pretenden estimar la tarifa según enfoque de costos marginal de corto plazo; sin embargo, se recomienda finalmente que en un futuro se realicen los estudios pertinentes para estimar la tarifa según esquema de costo marginal de largo plazo.

4.1 Demanda de agua potable

La demanda de agua potable representa las cantidades de agua potable que los usuarios están dispuestos a consumir a los diferentes precios, dados un determinado nivel de ingreso, ciertos gustos y otras variables.

Para el caso del agua potable, la función de demanda crece en el tiempo debido al aumento de la población, el incremento de la cobertura y el aumento de los consumos individuales por efecto del incremento en los ingresos reales de las personas.

En estudios de demanda de agua potable para la república mexicana realizados por la Comisión Nacional de Aguas (CNA), se ha concluido que la curva que mejor simula la demanda por agua potable es una hipérbola con elasticidad precio constante. “Esta curva es la que mejor representa el comportamiento de hogares en que predomina el consumo del agua dentro de las viviendas”⁸. La figura 4.1 muestra una curva de demanda de este tipo.

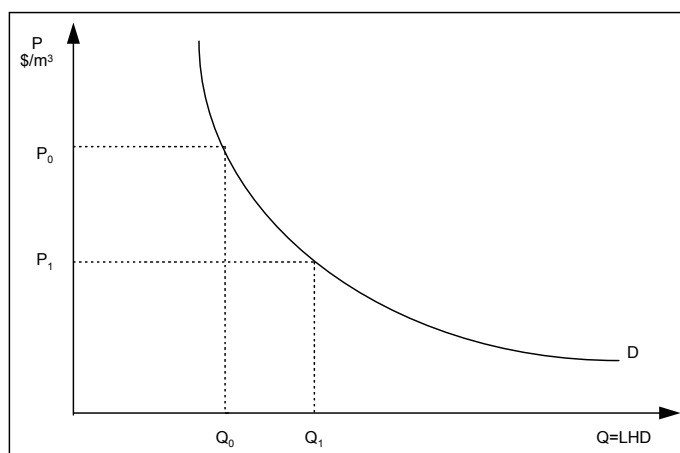


Figura 4.1 Curva de demanda hipérbola con elasticidad precio constante

8 MIDEPLAN, 1992.

La ecuación que corresponde a las curvas graficadas en la figura 4.1, es la siguiente:

$$\text{LHD} = \text{AP}^e$$

donde:

LHD: Litros de agua potable demandados por habitante por día

A: Constante que da forma a la curva

P: Precio (\$/m³)

e: Elasticidad precio de la demanda.

La elasticidad precio de la demanda es un indicador de la sensibilidad de la cantidad demandada de un bien a un cambio de su precio. Se expresa como el cambio porcentual en la cantidad demandada del bien dividido entre el cambio porcentual en su precio.

Dado que la elasticidad precio permanece constante a lo largo de toda la curva, se puede estimar ésta al obtener un punto de la función de demanda. Este punto se obtiene al establecer los LHD (litros habitante por día) promedio por tipo de usuario para los precios actualmente vigentes. En el presente estudio, la función de demanda de agua potable se establece a partir de la ecuación antes mencionada.

En el caso de Celaya, Guanajuato, la elasticidad precio de los usuarios domésticos es de -0.43 y para los usuarios comerciales e industriales es de -0.20⁹.

Por otra parte, al no existir externalidades ni beneficios ni costos indirectos derivados del consumo de agua, se puede sostener que la curva de demanda privada coincide con la curva de demanda social.

4.2 Obtención de las curvas de demanda de usuarios de Celaya

En este estudio se consideró que no existe estacionalidad en la demanda de agua potable en la ciudad de Celaya; esto se concluyó después de revisar el historial de los consumos en el padrón de usuarios de la JUMAPA, lo que es consistente con las variaciones de temperaturas a lo largo del año mostradas en capítulo 2.

9 "Guía para la Elaboración de Estudios de Factibilidad Técnica, Económica, Financiera e Institucional para Mejoramiento de los Servicios de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento", CNA, 1992.

Para estimar las curvas de demanda específicas para cada grupo de usuario de Celaya, se requiere, además de la elasticidad precio de la demanda, conocer un punto de la demanda (un par precio-cantidad demandada), es decir, la cantidad demandada actualmente al precio vigente.

Para ello, el procedimiento será el siguiente:

- Dada la existencia de tandeo generalizado, se deberá elegir una muestra por tipo de usuarios que tengan disponibilidad de agua las 24 horas del día, es decir, no sujetos a tandeo y que, además, cuenten con micromedidor funcionando correctamente.
- Identificado el punto actual de la curva demanda (LHD), se combina con la elasticidad respectiva y se obtienen las curvas de demanda hiperbólicas para cada tipo de consumidor.
- Se calcula el consumo agregado por tipo de consumidor si no hubiese tandeo para el presente año.
- Se calcula la demanda agregada anual de todo el sistema a través de sumar las demandas agregadas de cada tipo de consumidor y expresarlas en términos anuales ($m^3/año$).
- Se proyecta dicho consumo agregado en el horizonte de evaluación sobre la base de una tasa de crecimiento.

a) Obtención de la muestra

Para la obtención de los LHD promedio, se debe considerar sólo a la proporción de los usuarios que cumplen los siguientes requisitos:

- Contar con micromedidor funcionando correctamente.
- Tener consumos excedentes del rango base para que perciban un costo por unidad adicional de agua recibida.
- Tener servicio continuo las 24 horas de tal suerte que el consumo realizado refleje exactamente su disposición a consumir al precio actual.

Sobre la base de estas consideraciones se tomaron las muestras del padrón de usuarios. Se obtuvieron los LHD promedio para cada tipo de usuario del padrón, considerando un índice de hacinamiento de 4.9. En el cuadro 4.1 se observan los resultados del muestreo.

Cuadro 4.1 LHD promedio y tamaño de la muestra por tipo de usuario

Tipo de usuario ^a	LHD promedio ^b	Tamaño de la muestra (número usuarios)
Doméstico zona A	346	503
Doméstico zona B	266	507
Doméstico zona C	231	2,098
Instituciones educativas	7,441	61
Comercio medio alto	2,607	128
Comercio medio bajo	2,560	187
Comercio Especial	8,447	185
Industrial	17,143	76

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la JUMAPA, (Celaya, Gto., 1997).

Nota: ^{a/} No se muestran en este cuadro los tipos de usuarios para los cuales el tamaño de la muestra resultó insuficiente.

^{b/} Para el caso de los comercios, instituciones educativas e industrias, se obtuvieron litros/conexión/día (LCD)

Dado que los LHD promedio para los usuarios domésticos resultan altos en comparación con otros estudios similares, se hizo un levantamiento de encuestas en las diferentes zonas de la ciudad, para los diferentes tipos de usuarios. Lo anterior con la finalidad principal de verificar en campo el índice de hacinamiento, ya que el cálculo anterior se efectuó con el índice de hacinamiento promedio de Celaya. El cuadro 4.2 muestra los resultados arrojados por el mencionado levantamiento.

Cuadro 4.2 LHD promedio y tamaño de la muestra para usuarios domésticos encuestados

Concepto	Dom. zona A	Dom. zona B	Dom. zona C
LHD	370	302	294
Índice de hacinamiento	4.71	4.46	4.69
Tamaño de la muestra	19	23	35

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la JUMAPA (Celaya, Gto., 1997).

Para conformar esta muestra, aparte de cumplir con las condiciones mencionadas anteriormente, se buscó a usuarios que estuvieran al día en sus pagos. Como puede verse, los resultados obtenidos en la encuesta son muy similares a los que se obtienen del padrón de usuarios, verificándose que los datos del padrón reflejan adecuadamente la realidad de los consumos.

b) Curvas individuales de demanda

Dadas las muestras disponibles y la similitud de algunos tipos de usuarios, se agruparon los usuarios con características similares, para así poderlos ajustar a una sola curva de demanda.

Los usuarios domésticos de la zona D son un caso especial, pues los micromedidores existentes en esta zona pertenecen a usuarios de alto consumo, por lo que al estimar el consumo del conjunto sobre la base de encuestar a este grupo, se sobrestimaría su consumo. Por esto, basados en la opinión de la Gerencia de Comercialización de la JUMAPA, se les asignó un consumo de 175 LHD. El cuadro 4.3 muestra las curvas individuales de demanda para cada tipo de usuario.

Cuadro 4.3 Curvas Individuales de demanda

Función de demanda	Tipos de usuario
$LHD=387P^{-0.43}$	Doméstico zona A, Deptos. en cond. zona A, Jubilados zona A y Com. pequeño zona A
$LHD=298P^{-0.43}$	Doméstico zona B, Deptos. en cond. zona B, Jubilados zona B y Com. pequeño zona B
$LHD=259P^{-0.43}$	Doméstico zona C, Deptos. en cond. zona C, Jubilados zona C y Com. pequeño zona C
$LHD=196P^{-0.43}$	Doméstico zona D y Com. pequeño zona D
$LCD=10,423P^{-0.20}$	Comercio especial
$LCD=7,841P^{-0.20}$	Instituciones educativas
$LCD=3,160P^{-0.20}$	Comercio medio bajo
$LCD=3,217P^{-0.20}$	Comercio medio alto
$LCD=21,152 P^{-0.20}$	Industriales

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la JUMAPA, (Celaya, Gto., 1997).

c) Demanda agregada

Para la obtención de la demanda agregada, se expande la ecuación individual al total de usuarios de cada tipo. Además, se obtiene la demanda en términos de metros cúbicos por año y no en LHD. La siguiente fórmula muestra este proceso:

$$Q = \frac{LHD(\text{usuarios} / \text{tipo})(365)(\text{hacinamiento})}{1000\text{Lts} / \text{m}^3}$$

La sumatoria de las demandas agregadas por tipo de consumidor entrega la demanda agregada de todo el sistema, siendo su expresión matemática para el caso de Celaya la siguiente:

$$Q = K_1 P_1^{-0.43} + K_2 P_2^{-0.43} + K_3 P_2^{-0.20} + K_4 P_1^{-0.20} + K_5 P_2^{-0.20} + K_6$$

donde:

- Q: Cantidad demandada en m³/año
- K₁: Constante para usuarios domésticos
- K₂: Constante para comercios pequeños
- K₃: Constante para comercios
- K₄: Constante para instituciones educativas
- K₅: Constante para usuarios industriales
- K₆: Constante para usuarios clandestinos

Como puede observarse, la demanda agregada del sistema se compone tanto de usuarios que pagan, como de usuarios que no pagan (K₆).

En la función anterior se hace la distinción entre P₁ (\$1.30/m³) y P₂ (\$2.86/m³), porque actualmente existen diferentes precios para diferentes usuarios, según se mostró en cuadro 2.2. Por ello es conveniente obtener un precio actual ponderado (P_{ACT}) para todos los usuarios. Esto se hace evaluando la función anterior a los precios actuales (P₁ y P₂), con lo que se obtiene una cantidad demandada y después se hace el proceso inverso: se evalúa la cantidad demandada resultante para obtener el P_{ACT}. El precio actual ponderado resultó ser de \$1.68/m³.

Una vez obtenido el P_{ACT} y suponiendo que la estructura de consumo entre tipos de consumidores se mantendrá constante en el tiempo (tasas de crecimiento de las demandas iguales para cada tipo de consumidor), se puede reagrupar la ecuación para simplificarla, quedando como sigue:

$$Q = C_1 P^{-0.43} + K_3 P^{-0.20} + K_4 P^{-0.20} + K_5 P^{-0.20} + K_6$$

donde:

- C₁: Constante para usuarios domésticos (K₁ + K₂)
- K₃: Constante para comercios
- K₄: Constante para instituciones educativas
- K₅: Constante para usuarios industriales
- K₆: Constante para usuarios clandestinos

En relación al consumo clandestino (K_6) la Gerencia de Comercialización de la JUMAPA considera que en la actualidad, el 8.5% de las pérdidas del sistema se deben a fugas comerciales, es decir, son causadas por los llamados usuarios clandestinos. La JUMAPA tiene identificados a 4,298 usuarios de este tipo, representando un volumen de consumo de aproximadamente 2,000,000 m³/año.

Asimismo, estima que la tasa de incorporación al sistema de estos usuarios será de 25% anual, a partir de 1997, pero en volumen se considera que, aún después de concluido el proceso de regularización de clandestinos, existirán fugas comerciales por aproximadamente 800,000 m³/año.

La siguiente función muestra la curva de demanda de agua potable agregada de Celaya para 1996:

$$Q = 14,203,799P^{-0.43} + 10,719,728P^{-0.20} + 2,258,460P^{-0.20} + 2,770,967 P^{-0.20} + 2,800,000$$

d) Proyección de la demanda

El paso siguiente es proyectar la demanda para todo el horizonte de evaluación, el cual se consideró de 4 años¹⁰. El cuadro 4.4 muestra el resultado de este proceso.

Cuadro 4.4 Proyección de la función de demanda

Año	C_1	K_3	K_4	K_5	K_6
1996	14,203,799	10,719,728	2,258,460	2,770,967	2,800,000
1997	14,786,927	11,609,466	2,403,002	2,798,677	2,354,510
1998	15,384,634	12,573,051	2,556,794	2,826,663	1,979,899
1999	15,997,284	13,616,614	2,720,429	2,854,930	1,664,890
2000	16,625,250	14,746,793	2,894,536	2,883,479	1,400,000
2001	17,040,881	15,970,777	3,079,786	2,912,314	1,433,180

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la JUMAPA (Celaya, Gto., 1997).

Las tasas anuales de crecimiento utilizadas por tipo de usuario fueron las siguientes:

10 Se considera así, dado que después del cuarto año la JUMAPA no tiene elaborado un plan de inversiones.

- Domésticos : 2.5%, la cual considera crecimiento poblacional (2.37%) y crecimiento del ingreso.
- Comerciales : 8.30%, basada en datos de INEGI, 1995.
- Instituciones educativas : 6.40%, basada en datos de INEGI, 1995.
- Industrias : 1% para la industria empadronada, según datos de la JUMAPA.

Dadas estas proyecciones, se pueden estimar as diferentes cantidades demandadas para diferentes precios a través del horizonte de evaluación.

4.3 Obtención de la oferta de agua potable

a) Costo marginal social de producción

Para el costo marginal social de producción ($C_{mgS_{PROD}}$) se toman en cuenta los costos variables del sistema, es decir, sólo los costos que cambian al variar la cantidad de agua producida. Para el caso de la JUMAPA, estos costos son:

- Costo de la energía eléctrica en la etapa de extracción y en las estaciones de bombeo diferencial;
- Costo por mantenimiento del equipo electromecánico;
- Costo por cloración del agua;
- Costo por mantenimiento de los equipos de cloración;
- Costo por mantenimiento de la red de distribución;
- Costo de oportunidad del agua;

Es conveniente mencionar que tanto el costo de la energía eléctrica en la etapa de extracción como el costo de oportunidad del agua, son crecientes en el tiempo, dado el abatimiento del acuífero del Valle de Celaya. Éste abatimiento ocasiona que cada vez el agua sea un bien más escaso y que tenga que ser bombeada desde mayor profundidad.

Sin embargo y dado que el horizonte de evaluación en este estudio es de sólo cuatro años, éste se considera constante. El cuadro 4.5 muestra en forma resumida la obtención del $C_{mgS_{PROD}}$, encontrándose el detalle en el anexo 4.

Cuadro 4.5 Composición del costo marginal social de producción

Concepto	Costo (\$/m ³)
Por electricidad	0.1093
Por cloración	0.0054
Por mantenimiento de equipo de cloración	0.0009
Por mantenimiento de equipo electromecánico	0.0151
Por mantenimiento de la red de distribución	0.0069
Por pago por el agua cruda	0.1807
Costo marginal social de producción	0.3183

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la JUMAPA (Celaya, Gto., 1997). Detalle en Anexo 4.

Cabe mencionar que como costo de oportunidad del agua, se tomó la tarifa que cobra la CNA a la JUMAPA por cada metro cúbico de agua cruda extraído.

b) Capacidad máxima

La capacidad máxima del sistema, corresponde a la cantidad ofrecida actualmente, la cual se obtiene de restar las fugas físicas (40%) al volumen de agua extraído en el proceso de captación. La fórmula para obtener la oferta máxima es la siguiente:

$$\text{Oferta máx.} = (\text{volumen extraído}) * (1 - 0.4)$$

La figura 4.1 muestra la curva de oferta del sistema para el año de 1996 (para más información a este respecto, ver el anexo 5).

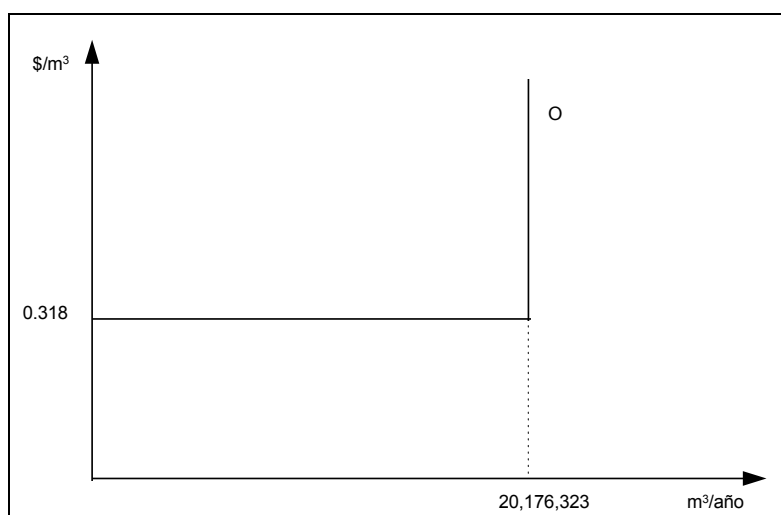


Figura 4.1 Curva de oferta para 1996

d) Proyección de la oferta

La proyección de la oferta requiere considerar las ampliaciones de la capacidad productiva que la JUMAPA tiene contempladas. Para esto, se consideró el plan de inversiones del cuadro 4.6.

Cuadro 4.6 Plan de inversiones de la JUMAPA

Año	Concepto	Inversión ^{a/}	CAE ^{b/}	Inc. en la oferta	
				m ³ /año ^c	lps ^d
1997	Eliminación de fugas físicas				
		\$1'685,333	\$331,004	1,120,907	36
1998	Eliminación de fugas físicas				
		\$1'685,333	\$331,004	1,120,907	36
1999	Eliminación de fugas físicas				
		\$1'685,333	\$331,004	1,120,907	36
1997	Reposición y equipo de los pozos Xochipilli, E. Valencia y Tres guerras				
		\$3'300,000	\$648,129	1,797,552	90
1998	Reposición y equipo de los pozos P. Emiliano Zapata, Zona de Oro del Bajío y Cd. Industrial 3				
		\$4'155,500	\$816,152	1,471,680	70
2000	Reposición y equipo del pozo Jacarandas				
		\$1'450,500	\$284,882	264,902	12

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la JUMAPA (Celaya, Gto., 1997).

Nota: ^{a/} Las inversiones están en pesos de diciembre de 1996.

^{b/} Costo Anual Equivalente considerado vida útil de 15 años para todas las inversiones.

^{c/} Las reposiciones de pozos consideran la disminución de las fugas físicas.

^{d/} Para las reposiciones de pozos, el incremento del gasto está referenciado a la extracción.

El cuadro 4.7 muestra la proyección de la oferta para todo el horizonte de evaluación, dadas las inversiones anteriores.

Cuadro 4.7 Proyección de la oferta

Año	Extracción (m ³ /año)	Oferta máxima (m ³ /año)
1996	33,627,205	20,176,323
1997	33,627,205	20,176,323
1998	36,465,445	23,094,782
1999	38,672,965	25,781,976
2000	38,672,965	27,071,075
2001-2006	39,051,397	27,335,978

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la JUMAPA (Celaya, Gto., 1997).

4.4 Tarifa propuesta

Como ya se mencionó, la eficiencia en la asignación de recursos se logra cuando el costo marginal social es igual al precio. Al igualar la oferta, (costo marginal de corto plazo) con la demanda para cada año del horizonte de evaluación, se pueden obtener los precios de equilibrio.

La figura 4.2 muestra gráficamente el mencionado equilibrio, destacando el hecho que la relación oferta máxima con demanda se igualan a un precio de restricción superior al costo marginal social de producción, pero que representa exactamente el costo marginal social, según se explicó en el capítulo anterior.

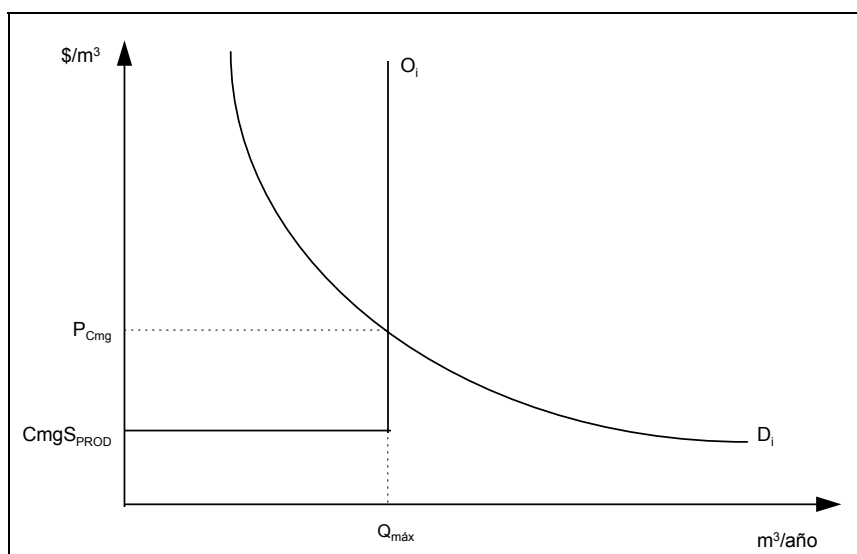


Figura 4.2 Precio a costo marginal de restricción

El cuadro 4.8 presenta los diferentes precios a costo marginal social (P_{cmg}) para todo el horizonte de evaluación, los que de acuerdo a la figura 4.2, son superiores al costo marginal social de producción.

Cabe destacar que estos valores representan un promedio para la totalidad de los usuarios: domésticos, comerciales, industriales, instituciones públicas; a partir de ellos se pueden diferenciar en función de los diferentes costos marginales de abastecimiento, así como por ejemplo, los industriales y comerciales en relación a los usuarios domésticos.

Cuadro 4.8 Precios de equilibrio considerando la ineficiencia del sistema

i (año)	$Q_{\text{máx}}$ (m ³ /año)	P_{cmg} (\$/m ³)
1998	23,094,777	4.68
1999	25,781,978	3.58
2000	27,071,080	3.50

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la JUMAPA, (Celaya, Gto., 1997).

Como puede observarse, la tarifa resultante no es aplicable, ya que significaría un aumento de más del 400% de la tarifa actual. Esto se debe, básicamente, a la baja eficiencia del sistema de agua potable de Celaya (40% de fugas físicas), además de un rezago en el incremento de la oferta.

Ahora bien, si se obtienen los precios de equilibrio considerando que el sistema se efficientiza, en cuanto a su porcentaje de fugas físicas¹¹ (20%), se puede tener una mejor aproximación a la asignación eficiente de recursos, pues no se le carga al usuario la ineficiencia del sistema. Los mencionados precios de equilibrio se muestran en el cuadro 4.9.

Cuadro 4.9 Precios de equilibrio considerando que el sistema es eficiente

i (año)	$Q_{\text{máx}}$ (m ³ /año)	P_{cmg} (\$/m ³)
1998	29,172,379	1.97
1999	30,938,379	1.84
2000	30,938,353	2.16

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la JUMAPA, (Celaya, Gto., 1997).

La tarifa mostrada en el cuadro 4.9 es más factible de aplicar; sin embargo, en el capítulo siguiente se recomienda una estrategia de aplicación y se recomienda la conveniencia de estudiar un subsidio.

11 De acuerdo a la metodología, una empresa eficiente (empresa modelo) tiene pérdidas de un 20%.