

ASPECTOS METODOLOGICOS DE LA TARIFICACION DE AGUA POTABLE SEGUN CRITERIOS DE COSTO MARGINAL

JUAN ANTONIO ZAPATA M.*

ABSTRACT

This article presents part of the methodology used in a research project about water pricing, developed at the Instituto de Economía in 1980.

In this study a short run marginal cost pricing model was used.

The model distinguishes between peak and off peak seasons and therefore estimates two prices, one for the winter covering operating costs and the other for the summer, which is required to clear the market when it is operated at full capacity.

The article includes the theoretical and some of the estimation problems of this methodology.

I. INTRODUCCIÓN **

El sistema de tarificación presentado en este artículo se basa en un esquema de demanda y oferta de agua, donde la demanda tiene un efecto estacional que permite distinguir entre un período de bajo consumo y un período de alto consumo y la oferta está limitada, en el corto plazo, por la capacidad del sistema. En este caso es muy importante considerar si las instalaciones están o no siendo utilizadas a plena capacidad.

Si la demanda crece en un mes en que la infraestructura está siendo operada a menos que plena capacidad y este aumento no hace necesario ampliar el sistema, el costo de satisfacer dicho aumento de demanda es el costo variable, o costo de operación para proveer dicho volumen adicional.

En cambio, si la demanda aumenta en un momento en que ya se está en el nivel de máxima producción con la infraestructura existente, el servicio se deteriora, puesto que es imposible satisfacer la cantidad total de demanda a los precios actuales sin ampliar la capacidad de producción de agua potable.

* Profesor, Instituto de Economía Universidad Católica de Chile.

** Este trabajo contiene aspectos metodológicos del estudio sobre el Precio del Agua Potable, que se efectuó en el Instituto de Economía de la Universidad Católica de Chile en 1980, bajo el título "Análisis Económico del Precio del Agua. Tarificación de Agua Potable según Criterios de Costo Marginal", en colaboración con Rodrigo Mujica, Juan Eduardo Coeymans, Claudio Martínez, Mónica Lavanderos y Virginia Muñoz.

En este artículo no se presentan todas las alternativas incluidas en dicho estudio y los costos, tarifas y otros valores numéricos tienen una exactitud aceptable sólo para los fines académicos de este trabajo.

Para poder mantener un buen nivel de servicio cuando la demanda tiende a superar la oferta es necesario elevar el precio para que disminuya la cantidad demandada, ajustándose así a la capacidad existente, o alternatively, se tendría que aumentar la capacidad (oferta) en una magnitud tal que, a los precios vigentes, pueda proveerse una cantidad igual a la nueva (mayor) demanda.

Este esquema de precios permitirá cubrir los costos de operación tanto en invierno como en verano y, por otro lado, cuando el precio de equilibrio en verano supera los costos de operación, genera una renta para la empresa de agua potable. Esta renta cumple dos importantes funciones. Por un lado es una de las señales que deben usarse para decidir cuándo ampliar la capacidad del sistema y, por otro, contribuye a la financiación de nuevas inversiones.

Cuando la renta generada no alcanza para financiar las inversiones, es necesario cobrar un cargo fijo por conexión. La asignación de dicho cargo fijo a cada categoría de usuarios debe tener en cuenta si las inversiones son específicas para ciertos usuarios o generales, para ampliar la capacidad de captación, tratamiento y distribución que beneficia a todos los usuarios.

II. ALGUNOS ASPECTOS ECONÓMICOS DEL AGUA POTABLE

1. *Principios*

Los principios de eficiencia económica de este estudio son la igualdad de precio por unidad adicional de agua para cada usuario y el cobro de acuerdo al costo en recursos para la economía al proveer unidades adicionales de agua. De no cumplirse estos principios se incurriría en una ineficiencia por este concepto, ya que los individuos no valorarían igual la unidad marginal de agua y, en ese caso, la sociedad ganaría al transferir agua de quien la valora menos a quien la valora más. Por otro lado, si no se cobra el costo de recursos de las unidades marginales, puede ocurrir que la sociedad esté destinando más recursos a la producción de agua potable que aquellos que se considera socialmente óptimo.

1.2 *Los Costos y su Interpretación*

La tarificación propuesta en este estudio se basa en el costo marginal de corto plazo, con lo cual se asegura eficiencia económica, en combinación con un sistema de cargos fijos a fin de lograr el autofinanciamiento del sistema tanto en inversiones como en costos administrativos.

Esta decisión se basa en el análisis de la relación entre costos medios y marginales, así como también entre el corto plazo y largo plazo de cada uno de ellos.

Este análisis indica que si se cobra de acuerdo al costo medio, definido como costo total dividido por el total de unidades, el sistema se autofinancia por definición, pero no es eficiente, ya que nada asegura que el valor que la sociedad asigna a una expansión del sistema justifique distraer recursos económicos de otros usos para invertirlos en agua potable.

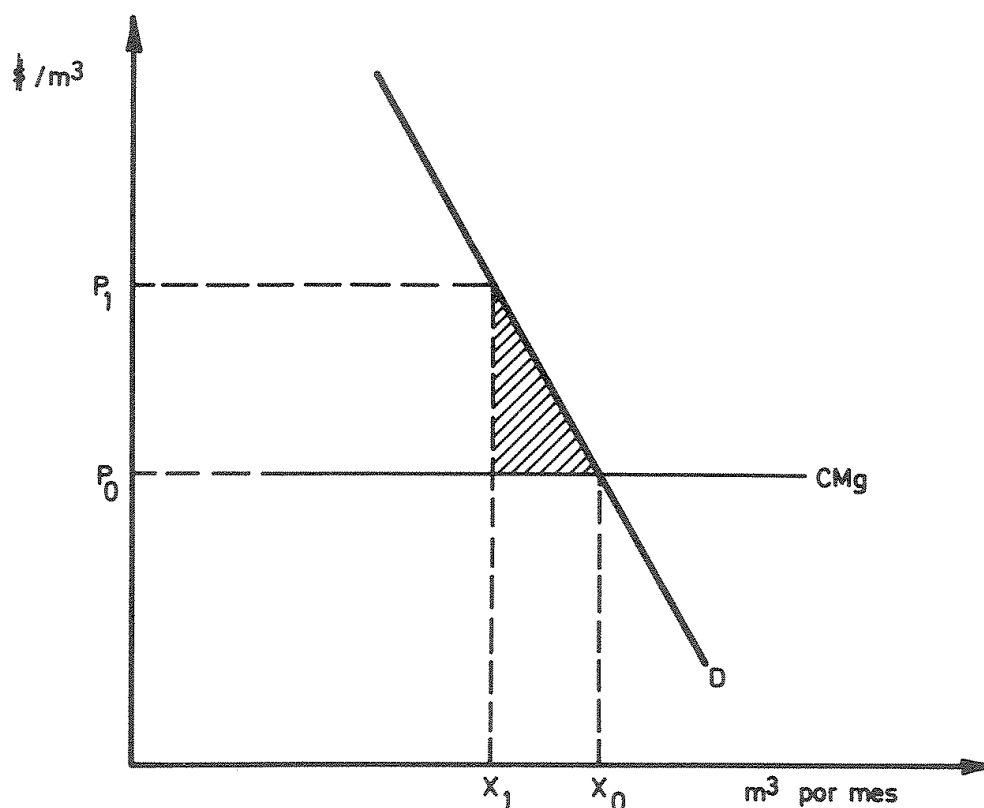
Si se cobra de acuerdo al costo marginal, el sistema puede o no autofinanciarse, dependiendo de si el costo marginal es mayor o menor que el costo medio. No obstante, cualquier déficit puede cubrirse mediante el cobro de un cargo fijo. Esta forma de cobro es compatible con un sistema eficiente de asignación de recursos económicos al sector

agua potable. Debe notarse que esto constituye una condición necesaria, aunque no suficiente para lograr eficiencia.

Una vez decidido que el costo marginal es el relevante, la pregunta que permanece, cuando las inversiones son indivisibles, es si se debe cobrar el costo marginal de corto o de largo plazo.

La opción de cobrar el costo marginal de corto o largo plazo ha sido analizada en la literatura sobre el tema. Por ejemplo Hirschleiffer, De Haven y Milliman¹ proponen el cobro de costo marginal de corto plazo para el agua potable; Bennathan y Walters² lo proponen también para el caso de los puertos. Por otro lado, Bird y Jackson³ indican que debe cobrarse el costo marginal de largo plazo de agua potable. Los que sostienen que debe cobrarse el costo marginal de corto plazo, argumentan que se incurre en ineficiencias cuando existe capacidad ociosa y se cobra un precio más alto que el costo marginal de corto plazo, porque los consumidores valoran más la última unidad consumida de agua que el valor que la sociedad asigna a los recursos (variables) requeridos para proveer más agua en esas circunstancias. Esto puede verse en el área sombreada comprendida entre la demanda y el costo marginal en el siguiente gráfico, donde se cobra P_1 en lugar de P_0 .

GRAFICO 1



¹ Hirschleiffer, J.; De Haven, J.C. y Milliman, J.W. *Water Supply, Economics, Technology and Policy* (University of Chicago Press, 1960), pág. 97.

² Bennathan, E. y Walters, A.A., *"Port Pricing and Investment Policy for Developing Countries"* (Oxford University Press, 1979), págs. 32-35.

³ Bird, P.A. y Jackson, C.I., *"Economic Charges for Water"* in *Essays in the Theory and Practice of Pricing* (London: Institute of Economic Affairs, 1967), pág. 19.

Un factor muy importante, en el caso de EMOS⁴, es el hecho evidente de la variación estacional de la demanda, que se refleja en una capacidad ociosa durante los meses de poco consumo, porque el sistema está diseñado para tratar de satisfacer la demanda en las épocas de alto consumo. En este caso, cobrar un precio mayor al costo marginal de corto plazo en meses de bajo consumo es ineficiente, ya que no induce al consumidor a utilizar la capacidad ociosa de esos meses.

Otra consecuencia importante de cobrar más que el costo marginal de corto plazo en meses de capacidad ociosa, es que puede inducir a errores en la evaluación de proyectos, por cuanto el uso de este precio puede resultar en serias sobreestimaciones de los beneficios de un proyecto de aumento de la oferta de agua.

Los beneficios de este tipo de proyecto deben medirse como el valor que la sociedad asigna a unidades adicionales de agua, lo que se refleja en el precio de mercado o en el costo de proveer dichas unidades por un proyecto alternativo, debiendo utilizarse el que sea menor. En el caso de tener capacidad ociosa, obviamente el proyecto alternativo en los meses de bajo consumo consiste en aumentar el uso de la capacidad ociosa, lo que puede hacerse al costo marginal de corto plazo. Por lo tanto, si el precio cobrado en meses de bajo consumo es mayor al costo marginal de corto plazo, sería erróneo utilizar el precio para evaluar un proyecto de ampliación que también va a satisfacer un crecimiento de la demanda en los meses de bajo consumo, cuando dicho crecimiento podría atenderse con un mayor uso de la capacidad ociosa existente⁵.

El único argumento en cuanto a las ventajas de utilizar el costo marginal de largo plazo es su mayor estabilidad, que no requiere, por lo tanto, el costo administrativo de cambios de precios. No se cuenta en este caso con una estimación de estos costos; por lo que simplemente se puede argumentar que si las variaciones de demanda corresponden a efectos estacionales fáciles de predecir, el costo administrativo de establecer una tarifa alta para meses de alto consumo y una tarifa baja en período de bajo consumo no debe ser significativo. Esto coincide con el criterio sugerido para un caso similar en el libro de E. Bennathan y A.A. Walters⁶.

Sintetizando lo expuesto anteriormente, el cobro de acuerdo a corto plazo nos asegura una máxima utilización de la capacidad existente, iguala la cantidad demandada con la cantidad ofrecida y es compatible con la realización de inversiones en su momento óptimo. Presenta como inconveniente el que es variable en el tiempo. Se cobrará un precio bajo cuando haya capacidad ociosa y un precio alto cuando la capacidad esté totalmente utilizada y sea necesario ajustar la cantidad demandada a la cantidad ofrecida. Sin embargo, debe notarse que este carácter fluctuante es común en la mayoría de los bienes y servicios de la economía.

Por otra parte, el cobro del costo marginal de largo plazo tiene la ventaja de que es menos fluctuante. Esta estabilidad se logra mediante un sacrificio de la economía, que significa restringir el consumo aun cuando hay capacidad ociosa y, por otro lado, al aumentar la demanda y presionar sobre la máxima capacidad, requiere la anticipación de inversiones con su consiguiente aumento de costos. Si todo el sector público que presta servicios monopólicos cobrara de esta forma, estaría sobredimensionado.

⁴ Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias. Santiago de Chile.

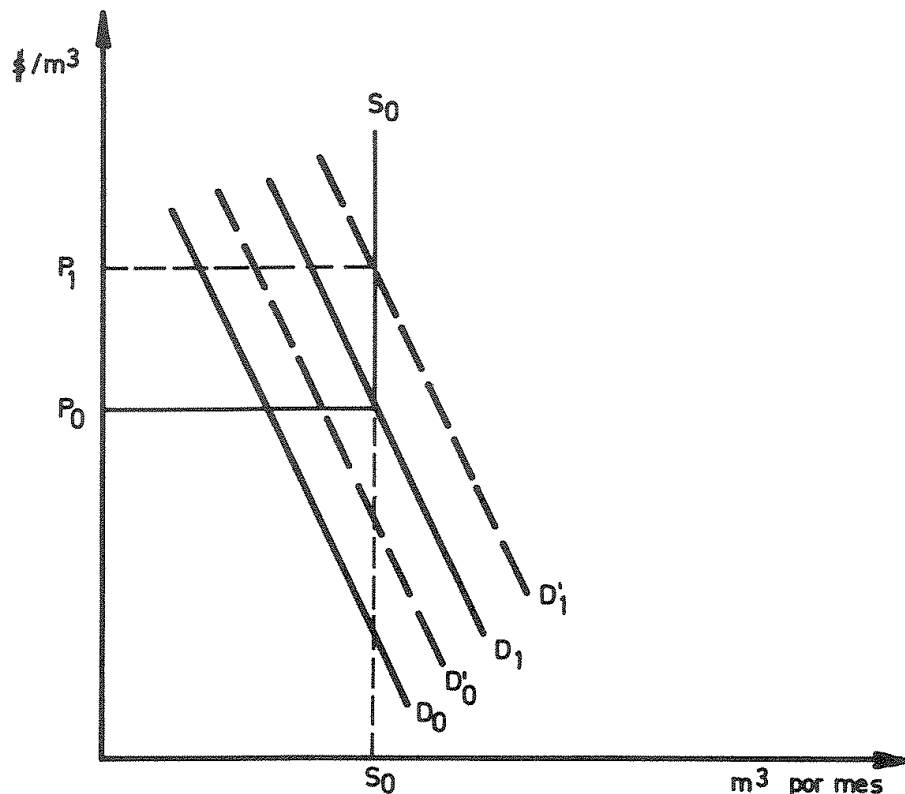
⁵ Aunque no fue el propósito de este estudio, es posible mostrar que un proyecto con una tasa interna de retorno de 15,8% se reduce a 6,65% si la cantidad de agua vendida cuando hay capacidad ociosa es 59% del total anual. Ver "Aspectos Metodológicos de la Tarificación de Agua Potable según Criterios de Costo Marginal", Documento de Trabajo Nº 75, pág. 35, Instituto de Economía, Universidad Católica de Chile.

⁶ Bennathan, E, y Walters, A.A. *op. cit.* págs. 37-40.

III. DETERMINACIÓN DE TARIFAS

El modelo utilizado para establecer las tarifas se basa en un esquema de demanda y oferta de agua potable en forma mensual, como el del gráfico, con una oferta máxima S_0 y dos clases de demanda D_0 y D_1 . La demanda tipo (D_0) corresponde al período fuera de peak, donde la cantidad demandada al precio vigente es menor a la capacidad del sistema y la demanda D_1 corresponde al período peak, donde se demanda toda la capacidad al precio vigente. El precio P_0 corresponde al costo marginal de corto plazo.

GRAFICO 2



Ante un crecimiento de la demanda de D_0 a D'_0 no existen problemas, ya que pueden ofrecerse las cantidades adicionales con la capacidad existente; en cambio, en períodos de congestión, cuando se pase de D_1 a D'_1 , sólo podrá satisfacerse la nueva demanda si el precio sube lo suficiente para mantener la cantidad demandada igual a la cantidad existente (precio P_1), o bien se deteriora el servicio mediante cortes de agua o disminución de presión. Debe notarse que esta alternativa es desechada en el supuesto que se quiere mantener un cierto nivel de calidad. Este esquema requiere luego determinar el momento en que debe realizarse otra inversión, para la cual hay que considerar la evaluación de la ampliación en base a criterios de evaluación social de proyectos.

El estudio de demanda provee dos parámetros importantes. Uno es la tasa de crecimiento futuro de la demanda y otro la elasticidad precio.

Para el caso de demanda tipo D_1 , la comparación de su crecimiento con la capacidad existente permite determinar el déficit como porcentaje de la cantidad demandada al precio actual. Y este déficit, a su vez, permite determinar qué aumento porcentual del precio mantiene el consumo igual a la capacidad actual.

El crecimiento estimado de la demanda permite proyectar la capacidad que se requeriría para satisfacer el mayor nivel de consumo deseado, lo que se indica en el cuadro 1.

De acuerdo a los planes de inversión actuales, la capacidad aumentará en 4m³/seg (3m³/seg por expansión de la capacidad y 1m³/seg por mejorar la eficiencia con un programa de control de fugas). Este aumento de capacidad (18,5m³/seg, con una capacidad efectiva de 14,86m³/seg) estará disponible cuando se termine el proyecto de inversión actualmente en ejecución⁷, de modo que la comparación de demanda y oferta presenta el siguiente déficit.

CUADRO 1
DEFICIT ANUAL DE AGUA EN REGION METROPOLITANA

<i>Años</i>	<i>Demanda (m³/seg)</i>	<i>Oferta*</i>	<i>Déficit Porcentual</i>
1982	11,05	10,44	0,06
1983	11,71	10,44	0,11
1984	12,39	10,44	0,16
1985	12,83	10,44	0,19
1986	13,26	10,44	0,21
1987	13,73	10,44	0,24
1988	14,18	10,44	0,26
1989	14,66	10,44	0,29
1990	15,17	10,44	0,31
1991	15,69	10,44	0,33

* Capacidad disponible para el consumo dada una relación facturación o producción de 72% para los meses de verano de 1980, siendo la capacidad de producción de 14,5m³/seg.

Para efectos de adaptar la demanda a la capacidad disponible, es necesario subir el precio de modo que la cantidad demandada disminuya. La pregunta es qué porcentaje de aumento del precio daría por resultado que la cantidad demandada disminuya en el porcentaje del déficit indicado en el cuadro 1. Esto puede ser estimado a partir de la siguiente ecuación.

$$\frac{\Delta p}{p_0} = \frac{\Delta X}{X_i} \frac{1}{\eta_{xp}}$$

donde:

$\frac{\Delta p}{p_0}$ = porcentaje de aumento del precio del agua requerida para mantener la cantidad demandada igual a la capacidad, donde p_0 es el precio del agua hoy.

⁷ De acuerdo a la información técnica al momento de hacer el estudio. Si se obtuvieran aumentos parciales de la capacidad habría que considerarlos en la oferta.

$\frac{\Delta X}{X_1} =$ Déficit que existiría como porcentaje de la cantidad demandada en el año i si se mantuviera el precio actual de p_0 .

$\eta_{xp} =$ elasticidad precio de demanda del agua potable.

De lo anterior se obtienen los valores tabulados en el siguiente cuadro.

CUADRO 2
INCREMENTO PORCENTUAL DE PRECIOS NECESARIO PARA
IGUALDAD DE OFERTA Y DEMANDA.

Años	$\eta=-0,1$	$\eta=-0,12$	$\eta=-0,15$	$\eta=-0,2$	$\eta=-0,4$	$\eta=-0,6$
1982	0,6	0,50	0,40	0,30	0,15	0,1
1983	1,1	0,92	0,73	0,55	0,28	0,18
1984	1,1	1,33	1,07	0,80	0,40	0,27
1985	1,9	1,58	1,27	0,95	0,48	0,32
1986	2,1	1,75	1,40	1,05	0,53	0,35
1987	2,4	2,00	1,60	1,20	0,60	0,40
1988	2,6	2,17	1,73	1,30	0,65	0,43
1989	2,9	2,42	1,93	1,45	0,73	0,48
1990	3,1	2,58	2,07	1,55	0,78	0,52
1991	3,3	2,75	2,20	1,65	0,83	0,55

El nuevo precio a ser cobrado puede estimarse con la siguiente fórmula:

$$P^* = P_0 + \frac{\Delta P}{P_0} P_0 = P_0 \left(1 + \frac{\Delta P}{P_0} \right)$$

dado que $P_0 = 5,15^8$

Obteniéndose los valores indicados en el cuadro 3.

2. Estimación de Tarifas

En esta sección se presentan varias alternativas tarifarias que comprenden tarifa de invierno, tarifa de verano y cargo fijo.

A continuación se presentan algunos esquemas alternativos de tarifas, los cuales difieren en cuanto al cobro de los gastos administrativos de la empresa y a la posibilidad de

⁸ Corresponde a un cobro por m^3 de \$ 4,60 por agua potable y \$ 0,55 por concepto de alcantarillado. La consideración de usuarios que no usen la red de alcantarillado, o que tienen actualmente un precio distinto por agua potable, modificaría los números indicados en el resto de la sección, pero el esquema analítico es el mismo.

CUADRO No 3

PRECIOS DE EQUILIBRIO OFERTA-DEMANDA⁹

Año	$\eta=-0,1$	$\eta=-0,12$	$\eta=-0,15$	$\eta=-0,2$	$\eta=-0,4$	$\eta=-0,6$
1982	8,24	7,73	7,21	6,69	5,92	5,66
1983	10,82	9,89	8,91	7,98	6,59	6,08
1984	13,39	12,00	10,66	9,27	7,21	6,54
1985	14,94	13,29	11,69	10,04	7,62	6,80
1986	15,97	14,16	12,36	10,56	7,88	6,95
1987	17,51	15,45	13,39	11,33	8,24	7,21
1988	18,54	16,33	14,06	11,85	8,50	7,37
1989	20,09	17,61	15,09	12,62	8,91	7,62
1990	21,12	18,44	15,81	13,13	9,17	7,83
1991	22,15	19,31	16,48	13,65	9,43	7,98

establecer un consumo mínimo no sujeto a variaciones estacionales de precios. Las alternativas son las siguientes:

- A : Una tarifa de invierno (abril-noviembre), una tarifa de verano (dic.-marzo) y un cargo fijo que cubra los déficit de inversión y gastos administrativos.
- B₁, B₂ : Una tarifa de invierno, una tarifa de verano y un cargo fijo que cubra sólo los déficit de inversión. El gasto administrativo se cobra por cada m³ facturado.
- C₁, C₂ : Idem a B, pero un primer tramo de consumo básico para los meses de verano de 10m³, cobrados éstos a la tarifa de invierno.

Las tarifas con subíndice uno se diferencian de las con subíndice dos en que estas últimas consideran la mitad del cargo fijo de la primera, y la diferencia se cobra vía costo de capacidad en los veranos en que existe exceso de capacidad (1985-1989).

La tarifa de invierno del caso A es de \$ 1.60 por m³ y corresponde al Costo Marginal de Corto Plazo. Las tarifas de invierno de los casos B y C incluyen, además de \$ 1.60, el costo de \$ 2.60 correspondiente al costo administrativo por m³, lo que hace un total de \$ 4.20¹⁰.

La tarifa de verano está determinada por el precio de equilibrio de la demanda y oferta de agua cuando el sistema está en su plena capacidad, por lo tanto, sería el mismo para cada uno de los casos A, B y C. Esta tarifa varía de acuerdo a la elasticidad precio de la demanda por agua. Para el caso de elasticidad precio igual a -0,15 los precios son:

⁹ Precios no incluyen IVA. El análisis de demanda indica para η el rango -0,1 .. -0,6. Los precios son sólo una aproximación, ya que usamos el concepto de elasticidad constante en lugar de pendiente de la curva de demanda. También debe notarse que con el actual plan de inversiones esta tabla es válida sólo hasta el año 1984; de ahí en adelante el precio es \$ 4,20 de acuerdo al análisis presentado en este capítulo. Si como resultado del plan de inversiones la oferta de agua aumenta antes de 1984, estos precios deben disminuir.

¹⁰ En todos los esquemas propuestos se plantea un costo marginal de corto plazo de \$ 1,6. Lo anterior se hace por simplicidad, dado que el costo relevante a cada caso corresponde a la región específica de la cual se trate. Ver Anexo 3 sobre costos.

Año	1982	\$ 7,21
	1983	\$ 8,91
	1984	\$ 10,66

Para el período 1985-1989, durante el cual existirá exceso de capacidad, dado el actual plan de inversiones, deberá cobrarse la tarifa de invierno, excepto para las alternativas C_2 y B_2 .

El cargo fijo mensual se calcula en base a los ingresos netos esperados durante el verano, es decir, tarifa de verano (ingreso bruto por m^3 facturado) menos tarifa de invierno (costo por m^3 facturado) multiplicado por el total de m^3 facturados durante el verano¹¹. El flujo de ingresos netos esperados se actualiza para la tasa de descuento de 8% y se compara con el valor actual de la inversión (al 8%)¹², obteniéndose el monto del déficit que debe cobrarse a través de un cargo fijo a los usuarios, para lograr el autofinanciamiento. Este cargo fijo se calcula como la anualidad correspondiente al déficit de inversión para un período de 8 años (tiempo en que se vuelve a llegar a plena capacidad). Dividiendo ésta por el número de conexiones existentes en 1980, se obtiene el valor anual a cobrar por conexión, de donde se obtiene el cargo fijo mensual¹³.

Para los casos B_1 y C_1 se utiliza el mismo procedimiento con sus valores pertinentes, incluyendo en el cargo fijo mensual el gasto administrativo correspondiente.

Las alternativas B_2 y C_2 consideran tan sólo la mitad del cargo fijo de las B_1 y C_1 , pasando a recaudarse el resto del déficit a través de un cobro por unidad durante el período de exceso de capacidad (1985-1989). Este valor se obtuvo determinando la anualidad equivalente (para ocho años) del déficit no recaudado vía cargo fijo y dividiéndola por el consumo de verano con la capacidad actual y con el incremento de capacidad, obteniéndose un valor máximo y uno mínimo por cobrar entre dos años.

El resumen de las alternativas planteadas se encuentra tabulado en los cuadros 4 al 6, para las diferentes elasticidades precio.

Como ejercicio demostrativo se desarrolló un caso particular, que es el ubicado en el cuadro 5 cuando $\eta_{xp} = -0,15$, caso B_1 .

Este caso presenta dos características: en primer lugar el gasto administrativo de \$ 2,60 por m^3 se ha agregado a los costos variables de \$ 1,60, haciendo un costo marginal de corto plazo de \$ 4,20, que es usado como tarifa de invierno.

La tasa de descuento utilizada para la inversión es de 8%, lo que da un valor actual de la inversión de \$ 2.940.769.884 para ser recuperado en un plazo de ocho años (1982-1989)¹⁴.

La renta obtenida por cada m^3 vendido a precio de verano (diciembre-marzo) es de:

1982	\$ 7,21 - \$ 4,20 = \$ 3,01 (dic. 1981 - marzo 1982)
1983	\$ 8,91 - \$ 4,20 = \$ 4,71
1984	\$ 10,66 - \$ 4,20 = \$ 6,46.

¹¹ Según información de EMOS, en los meses de enero, febrero, marzo y diciembre de 1980 se facturaron en total 113.563.000 m^3 .

¹² El valor actual de la inversión sin IVA corresponde a \$ 2.940.769.884 (al 8%) en pesos del 1º de enero de 1981. En el estudio sobre tarifas se consideró también una tasa del 12%, con lo que los cargos fijos resultan algo superiores.

¹³ Para calcular el cargo fijo se dividió el cargo fijo anual por doce, no considerándose la tasa de descuento mensual por razones de simplicidad.

¹⁴ Se decidió, como criterio, que la inversión debe recuperarse antes de comenzar nuevamente con problemas de capacidad.

Esta renta por m^3 debe multiplicarse por 113.563.000 m^3 vendidos durante cada verano (que corresponde a la facturación de los meses de verano 1980), con lo que se obtiene el ingreso anual esperado, el que debe descontarse al 1° de enero de 1981 considerando la tasa del 8%. Ello da un valor actual de los ingresos netos igual a \$ 1.357.447.970.

Restando esta cifra del valor actual de la inversión, se determina un déficit de inversión de \$ 1.583.321.914 (al 1° de enero de 1981), el que puede financiarse con un cobro de cargo fijo total al sistema de \$ 275.521.383 (calculado a fin de año al 8%). Si se consideran 600.000 conexiones, el cobro mensual corresponde a \$ 38,26 a partir de diciembre 1981.

CUADRO 4
ESQUEMA DE LA ALTERNATIVA A PARA UNA TASA DE DESCUENTO DEL 8%

	<i>Elasticidad Precio</i>					
	$\eta = -0,1$	$\eta = -0,12$	$\eta = -0,15$	$\eta = -0,2$	$\eta = -0,4$	$\eta = -0,6$
1. <i>Tarifa de Invierno: (\$/m³)</i>	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
2. <i>Tarifa de Verano: (\$/m³)</i>						
Año 1982	8,24	7,73	7,21	6,69	5,92	5,66
Año 1983	10,82	9,89	8,91	7,98	6,59	6,08
Año 1984	13,39	12,00	10,66	9,27	7,21	6,54
Años 1985-1989	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
3. <i>Cargo Fijo Mensual</i>						
Déficit Inversión	6,82	13,33	19,88	26,41	36,13	39,45
Gastos Administrativos	122,42	122,43	122,43	122,43	122,43	122,43
TOTAL	129,25	135,77	142,31	148,84	158,56	161,88

CUADRO 5
ESQUEMA DE LAS ALTERNATIVAS B₁ y B₂ PARA UNA TASA
DE DESCUENTO DEL 8%

	<i>Elasticidad Precio</i>					
	$\eta = -0,1$	$\eta = -0,12$	$\eta = -0,15$	$\eta = -0,2$	$\eta = -0,4$	$\eta = -0,6$
1. <i>Tarifa de Invierno: (\$/m³)</i>	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
2. <i>Tarifa de Verano: (\$/m³)</i>						
Año 1982	8,24	7,73	7,21	6,69	5,92	5,66
Año 1983	10,82	9,89	8,91	7,98	6,59	6,08
Año 1984	13,39	12,00	10,66	9,27	7,21	6,54
Caso B ₁ :						
Años 1985-1989						
<i>Tarifa Verano (\$/m³)</i>	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
<i>Cargo fijo mensual (\$)</i>	25,20	31,70	38,26	44,80	54,55	57,84
Caso B ₂ :						
Años 1985-1989						
<i>Tarifa Verano 1985 (\$/m³)</i>	5,65	6,02	6,40	6,78	7,34	7,53
<i>Tarifa Verano 1989 (\$/m³)</i>	5,32	5,61	5,90	6,19	6,62	6,77
<i>Cargo fijo mensual (\$)</i>	12,60	15,85	19,13	22,40	27,28	28,92

CUADRO 6

ESQUEMA DE LAS ALTERNATIVAS C₁ y C₂ PARA UNA TASA DE DESCUENTO DEL 8%

	<i>Elasticidad Precio</i>					
	$\eta = -0,1$	$\eta = -0,12$	$\eta = -0,15$	$\eta = -0,2$	$\eta = -0,4$	$\eta = -0,6$
1. <i>Tarifa de Invierno</i> (\$/m ³)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
2. <i>Tarifa de Verano</i> (\$/m ³)						
a) Primeros 10 m ³	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
b) Exceso						
Año 1982	8,24	7,73	7,21	6,69	5,92	5,66
Año 1983	10,82	0,89	8,91	7,98	6,59	6,08
Año 1984	13,39	12,00	10,66	9,27	7,21	6,54
Caso C ₁ :						
Años 1985-1989						
<i>Tarifa de verano</i> (\$/m ³)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20
<i>Cargo fijo mensual</i>	34,90	40,05	45,20	50,35	58,02	60,64
Caso C ₂						
Años 1985-1989						
<i>Tarifa verano 1985</i> (\$/m ³)	6,75	7,12	7,60	7,87	8,43	8,62
<i>Tarifa verano 1989</i> (\$/m ³)	6,05	6,33	6,60	6,87	7,28	7,42
<i>Cargo fijo mensual</i>	17,45	20,03	22,60	25,18	29,01	30,32

Del análisis de los cuadros 4, 5 y 6 se puede concluir lo siguiente:

La tarifa de invierno es independiente del valor de la elasticidad, porque está determinada por los costos variables del sistema. En el caso A incluye solamente el costo marginal de corto plazo y en los casos B y C también incluye el costo administrativo medio.

Los precios de verano corresponden a los precios de equilibrio para cada año. En el período 1982-1984, en que existen restricciones de capacidad, estos precios son menores mientras mayor es el valor absoluto de la elasticidad precio de la demanda, en cuyo caso más poderoso será el efecto de un aumento en precios, puesto que la cantidad demandada será más sensible a esta variable y, por lo tanto, para ajustar la cantidad deseada a la capacidad existente, menor será el aumento de tarifas requeridas.

El cargo fijo mensual en los casos A, B₁ y C₁ se calcula de modo que se cubra el déficit ocasionado por la inversión en expansión del sistema en la forma descrita anteriormente. Por lo tanto, depende de los ingresos de verano y se puede observar que es mayor mientras más grande sea el valor absoluto de la elasticidad precio de la demanda.

Los casos B₂ y C₂ son consistentes con el párrafo anterior, porque dependen de la misma forma de los ingresos de verano. La condición de que el sistema sea autosuficiente financieramente en el período de ocho años, hasta que comiencen nuevamente los problemas de capacidad, hace que el total a pagar por el conjunto de usuarios sea igual para cualquier esquema y cualquier elasticidad de demanda (dada una tasa de descuento). Esto es, lo que no se paga como precio por metro cúbico termina pagándose como cargo fijo, pues el valor actual de las erogaciones es el mismo en cualquier caso. Los efectos

distributivos son distintos y en este sentido el esquema C, y en especial el C_2 , es el que más protege al pequeño consumidor.

Es posible plantear otros esquemas en que el costo fijo mensual sea distinto, dependiendo del diámetro, tipo de usuario o cualquier otra clasificación con determinado sentido distributivo. Esto no se hizo, porque escapa al objetivo de este estudio este tipo de decisión.

Las tarifas indicadas en los cuadros 4 al 6 no distinguen entre zonales, porque se refieren a un costo marginal de corto plazo promedio de \$ 1,60. Para calcular la tarifa de cada zonal debe reemplazarse este valor por el indicado para cada zonal¹⁵; éste afectará también al valor de \$ 4,20 que figura en los cuadros 4 al 6. Los demás valores de estos cuadros no varían de acuerdo a zonas, porque con la información disponible y el sistema de interconexión de la red de agua potable no es posible asignar la inversión por zona.

Las tarifas incluyen tanto agua potable como alcantarillado. Este último está comprendido en la inversión total, en el efecto de efluentes y en los gastos administrativos. El cargo por efluentes de \$ 0,78 por m^3 de agua facturada no corresponde a un costo pagado por EMOS, sino por aquellos que sufren el problema, por lo que deben establecerse sistemas de transferencia de estos recursos a los afectados directamente o a través de las instituciones o proyectos que corresponden. El concepto de costo alternativo del agua puede constituir una renta para EMOS en la medida que sea titular de derechos de riego o pueden servir para adquirir nuevos derechos a medida que sea necesario aumentar el volumen de agua captada.

La estrategia que puede recomendarse para establecer un sistema es comenzar con el caso que aparece como más posible conforme a la actual información disponible, por lo que pueden implementarse algunos de los esquemas basados en una de elasticidad precio $(-0,15)$, con lo que la primera tarifa de verano sería de \$ 7,21. Entonces, si se observara que persisten problemas de escasez de agua en verano, ello significará que el valor absoluto de la elasticidad es menor o que la tasa de expansión de la demanda fue mayor que la prevista en el cuadro 1. Esto último es fácil de comprobar, por lo que la tarifa puede ajustarse para los años subsiguientes con el procedimiento utilizado en este estudio. En cuanto a la decisión de esquemas A, B, C o sus subdivisiones, dependerá del criterio distributivo con que se implementan las tarifas de agua potable y alcantarillado.

La estrategia indicada en el punto anterior supone un sistema de seguimiento que debe ser el centro de una política de establecimiento de tarifas¹⁶.

No se ha juzgado en este estudio la rentabilidad del proyecto de expansión. Tampoco se ha comparado con alternativas tales como la utilización de aguas subterráneas, el manejo de reservas, el mejoramiento de la gestión administrativa u otras medidas que afectan los costos del agua potable y alcantarillado. Si bien no se puede afirmar nada sobre la eficiencia del actual plan de inversiones, sin embargo, debe notarse que en el sistema de tarifas de los cuadros 4 al 6 cualquier ineficiencia del plan de inversiones estaría incorporada al cargo fijo mensual.

¹⁵ Martínez, Claudio: "Determinación de los Costos Marginales de empresas de Agua Potable: El caso EMOS". Tesis para optar al grado de Magister en Preparación y Evaluación Socioeconómica de Proyectos, Instituto de Economía, Universidad Católica de Chile, 1981.

¹⁶ Mujica, Rodrigo y Lavanderos, Mónica: Documento de Trabajo N° 72. "Análisis Económico de Tarifificación de Agua Potable Mediante un Modelo de Simulación", Instituto de Economía, Universidad Católica de Chile, 1981.

ANEXO 1

ANÁLISIS DE NUEVOS USUARIOS

El tipo de modelo utilizado en este estudio considera que los usuarios conectados a la red de agua potable están compitiendo en la compra de agua potable y de servicios de alcantarillado. La incorporación de nuevos usuarios va a aumentar la competencia por agua, con lo cual, si no se aumenta la capacidad de captación, tratamiento y conducción general, el precio va a tender a aumentar cuando se utiliza la plena capacidad del sistema.

Las inversiones requeridas por la incorporación de nuevos usuarios pueden clasificarse en inversiones de tipo general, que sirven para aumentar la disponibilidad de agua en todo el sistema, y de tipo específico, que se realizan para conectar el usuario a la red.

Las inversiones de tipo general refuerzan al sistema como un todo o partes de él y, por lo tanto, sirven a nuevos y antiguos usuarios al aumentar la disponibilidad de agua. Este aumento puede lograrse por mayor captación, tratamiento o eficiencia en la distribución del agua. Al beneficiar a antiguos y nuevos usuarios es lícito proponer que todos deben contribuir a esta inversión.

Las inversiones de tipo específico sólo pueden ser aprovechadas por nuevos usuarios y su mera existencia no afecta el servicio que reciben los antiguos usuarios. Estas inversiones permiten el acceso al mercado del agua de los nuevos usuarios, quienes son sus únicos beneficiarios y, por lo tanto, sólo ellos deben contribuir a esta inversión.

Una forma alternativa de clasificar las inversiones, con el mismo resultado, es dividir las inversiones que aumentan la oferta de agua del sistema e inversiones que permiten que aumente la demanda de agua del sistema.

Las primeras corresponden a las inversiones generales y las segundas a las inversiones específicas¹⁷.

El criterio, entonces, es separar el plan de inversiones en generales y específicas, cobrando a los nuevos usuarios las inversiones específicas de acuerdo a un cargo fijo por conexión. Las inversiones de tipo general se cubren con la renta del sistema (precio de verano menos costos variables) y el déficit con un cargo fijo.

En el sistema tarifario propuesto no fue posible distinguir entre inversiones generales y específicas, dada la información disponible al realizar el estudio, por lo que el cargo fijo incluyó ambas inversiones. En el caso que pudieran separarse, no cambiarían las tarifas de verano e invierno, sólo variaría el cargo fijo de acuerdo a la categoría de usuario y su localización. Los cargos fijos para nuevos usuarios tenderán a ser mayores que los cargos fijos para los antiguos usuarios del sistema.

¹⁷ Puede pensarse que inversiones que aumentan la oferta de agua a un grupo determinado de usuarios, sin conexión con el resto del sistema, constituye una inversión específica, porque en este caso serían como otro sistema separado y como tal deben tratarse.

ANEXO 2

RELACIÓN ENTRE LOS COSTOS MEDIOS Y MARGINALES DE CORTO Y LARGO PLAZO PARA EL CASO DEL AGUA POTABLE

El caso de utilización de diversos tamaños de plantas y la relación entre los costos medios y marginales de corto y largo plazo forma parte de los cursos de microeconomía y se considera un área en la que existe consenso, según el clásico artículo de Jacob Viner¹⁸.

La aplicación de dicho modelo al caso de un servicio público, que por razones de aumento de demanda debe ir expandiendo la cantidad ofrecida de dicho servicio, ha sido analizado por J. Hirshleiffer et al. y A. Grima¹⁹, y es precisamente esta aplicación al caso de agua potable a la que nos referimos, ya que en nuestra opinión ambos textos contienen un error teórico en la relación de los costos medios de corto y largo plazo.

El problema surge del concepto de que la curva de costo medio de largo plazo es la envolvente de las curvas de costo medio de corto plazo y son tangentes en el punto de óptimo tamaño de planta. Además, coincide con que el costo marginal de corto plazo es igual al costo marginal de largo plazo, ya que en el punto de tangencia los costos medios de corto y largo plazo son iguales, como también sus costos totales.

Algunas Consideraciones sobre la Naturaleza de los Costos del Agua Potable

La primera pregunta se refiere a las características de la oferta de agua y, en particular, a si sus costos medios son decrecientes o crecientes. Existe acuerdo en que, en general, las ciudades, especialmente las grandes, primero explotan las fuentes cercanas de provisión de agua y luego, a medida que crecen, debe buscar fuentes más lejanas para aumentar la disponibilidad total de agua.

Por otro lado, una vez que se tienen las instalaciones para obtener agua, es posible aumentar la oferta desde el nivel cero de producción de la planta hasta su plena capacidad con muy poco costo adicional, en cuyo caso el costo medio por planta será decreciente hasta que se alcance plena capacidad.

De esta forma, la posible expansión del sistema puede describirse como una serie de funciones de costos medios decrecientes, cada una mayor que la anterior.

Cada una de esas funciones decrecientes representa el costo medio de cada planta, lo que, en el modelo arriba descrito, se indica en el gráfico siguiente. El costo medio de cada planta es decreciente, desde un máximo igual al costo de inversión hasta un mínimo que se obtiene cuando se ha alcanzado plena capacidad y la inversión se distribuye entre un mayor número de unidades. El costo marginal de cada planta es menor al costo medio (ya que este último está decreciendo) y en el nivel en el cual se alcanza plena capacidad sube abruptamente hasta alcanzar el costo de la próxima inversión. En el gráfico 1 se supone que cuando hay capacidad ociosa el costo marginal es constante.

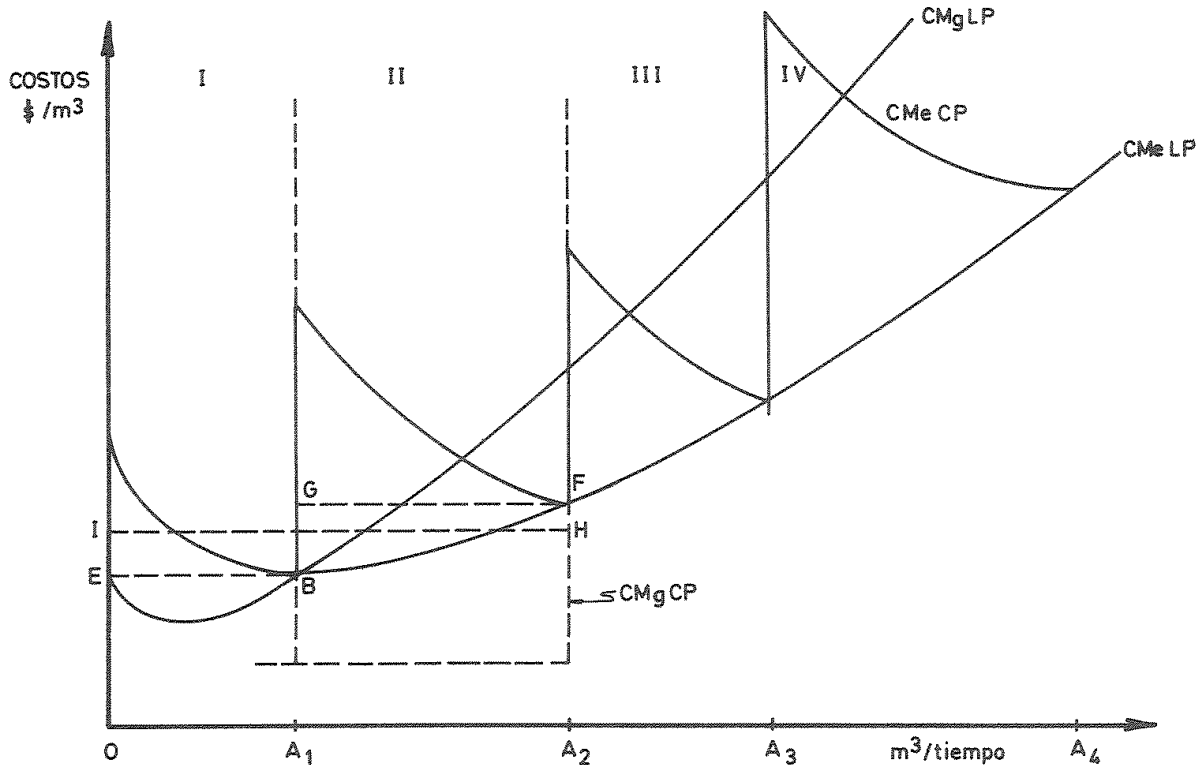
En cuanto al costo medio y marginal de largo plazo, el análisis de Hirshleiffer y también el de Grima los consideran con el esquema común de las relaciones entre corto y largo plazo. El costo medio de largo plazo es la envolvente, que en este caso es tangente a las curvas de corto plazo, como se indica en el gráfico. El costo marginal de largo plazo es también el indicado en el gráfico 1²⁰.

¹⁸ Viner, Jacob, "Cost curves and Supply Curves", págs. 198-232 en Stigler, George y Boulding, Kenneth, Readings in Price Theory (Irwin, Chicago, 1952).

¹⁹ Hirshleiffer, J. et al. págs. 94-98 y Grima A. págs. 129-135.

²⁰ Hirshleiffer, *op. cit.* pág. 96 y Grima *op. cit.*, pág. 135.

GRAFICO 1

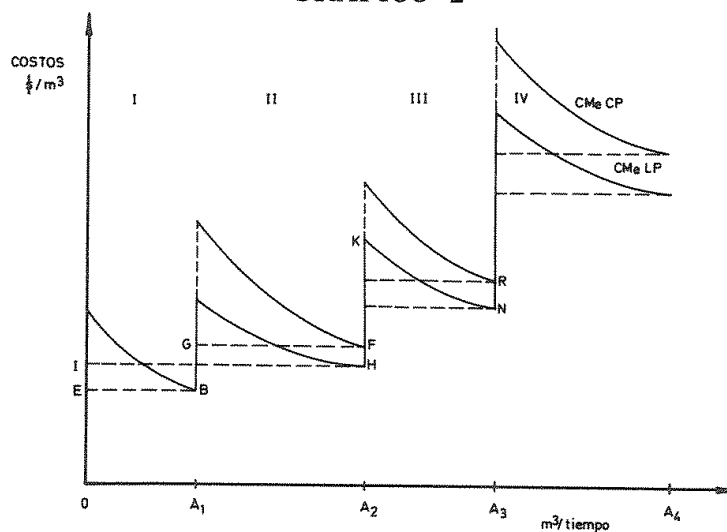


El Concepto de Costo Medio y Marginal en un Sistema Secuencial de Uso de Infraestructura

En el caso del agua potable descrito anteriormente, la segunda planta se realiza para los efectos de ampliar la oferta total de agua y, por lo tanto, las dos plantas están operando al mismo tiempo. La producción total es de OA_2 (OA_1 produce la planta I y A_1A_2 la planta II) y el costo total del sistema es la suma de los costos totales de cada una de las plantas. El costo medio de largo plazo (esto es, costo medio del sistema) se define como el cociente del costo total dividido por el número de unidades producidas y, por consiguiente, si la industria presenta costos crecientes de planta, debido a que cada vez hay que intervenir en proyectos más caros, por ejemplo, los que están situados en lugares lejanos o menos accesibles, el costo medio así calculado no puede ser igual al costo medio mínimo de la última planta, como indica el gráfico 1 (Hirshleiffer). Se comprueba que si el costo total de la primera planta es OA_1BE y de la segunda es A_1A_2FG , el costo medio de producción de la cantidad OA_2 es A_2H y, por lo tanto, el costo medio de largo plazo es menor al indicado por Hirshleiffer-Grima. En tal caso el costo medio de largo plazo consistirá en una función quebrada, similar a la de corto plazo, que tiene como característica el que los costos totales del sistema sean iguales a la suma de los costos totales de cada una de las plantas utilizadas para alcanzar dicho nivel de producción en el sistema. Por ejemplo, para un nivel de producción OA_2 el costo total OA_2HI es igual a OA_1BE más A_1A_2FG , como puede observarse en el gráfico 2.

La función de costo medio de largo plazo también está sujeta a discontinuidades como la de corto plazo, aunque sus oscilaciones no son tan bruscas como aquéllas, ya que para cada nivel de producción el costo medio de largo plazo está afectado por los menores costos de las plantas anteriores.

GRAFICO 2



ANEXO 3

ANÁLISIS DE COSTOS²¹

Para el caso que se está analizando, el recurso o factor que se considera limitante es la capacidad máxima de producción. Por lo tanto, se define el corto plazo como aquella situación en la que el sistema está operando bajo plena capacidad, entendiéndose por ello la producción máxima que puede realizar la empresa en condiciones normales, y como largo plazo, a aquella situación en que el consumo está restringido por la capacidad existente.

El modelo utilizado en este estudio de tarifas, el costo marginal²² de corto plazo, es muy importante para determinar la tarifa de invierno. El costo marginal de largo plazo, aun cuando fue estimado, no tiene el mismo impacto en las tarifas. En este sentido, lo importante es el plan de inversiones, ya que eso determinará los desplazamientos de oferta y, por lo tanto, la tarifa de equilibrio en verano. Por otro lado, el valor actual de los costos de inversión comparado con la renta de verano (precios menos costo marginal de corto plazo) indicará el posible déficit de la inversión no cubierto por las tarifas y servirá de base para la determinación del cargo fijo.

Costo Marginal de Corto Plazo

Comprende todos los insumos utilizados en la producción de agua, como así también en su distribución y posterior eliminación. La forma de estimarlo fue identificando todas las etapas por las que debe pasar el recurso básico hasta llegar a transformarse en el producto final, comprendiendo la captación, el tratamiento y la purificación, la distribución, el almacenamiento y la regulación, el alcantarillado y la eliminación de efluentes.

La clasificación de costos utilizada fue:

²¹ Este anexo está basado en el capítulo de costos preparado con Claudio Martínez para el informe "Análisis Económico del Precio del Agua". Tarificación según criterio de Costo Marginal, 1981.

²² Costo Marginal es el cambio producido en el costo total de producción, como consecuencia de la variación de los niveles de producción en una unidad adicional.

a) *Costos directos de producción*

Depende de los insumos utilizados en las etapas de captación, tratamiento y purificación y que varían con el nivel de producción. Los insumos son energía (en la captación), coagulantes (en el tratamiento) y desinfectantes (en la purificación).

Los costos de estas etapas dependen del tipo de captación, por sus influencias en el consumo de energía y en los niveles de turbiedad y contaminación con que llega el agua a los centros de tratamiento.

Es muy distinto el nivel de requerimientos de estos insumos en el caso de captaciones de agua superficiales que en el de aguas subterráneas. Por este motivo se subdividió la ciudad en zonas, dependiendo de la fuente de captación utilizada.

b) *Costos de Energía (Elevación de Agua)*

Una vez que el agua ha sido tratada y está en condiciones de ser entregada al consumidor, ésta debe ser transportada y distribuida a los diferentes centros de consumos. Si la distribución del bien se hace por sistema gravitacional, los costos de energía para su transporte de un lugar a otro serán nulos (corto plazo), por lo que no se incrementarán los costos marginales.

Dada la gran extensión y variedad geográfica que puede presentar el área urbana bajo servicio directo de la empresa productora existirán, sin duda, ciertas zonas o localidades para las cuales no será posible utilizar el sistema gravitacional (o sistema directo) y será necesario elevar el agua de alguna manera hacia un estanque central de almacenamiento. Con la etapa de almacenamiento y regulación se logra una distribución de mejor calidad, por la mayor presión de agua. Para lograr esto, es necesario bombear el agua a un estanque central desde el cual se distribuye posteriormente. Por esta razón se incurre en un costo adicional de energía.

c) *Costo de Oportunidad del agua*

En la producción de agua potable se utiliza como insumo principal el recurso agua, obtenido de diversas fuentes. Al utilizar este recurso, se está evitando que con él se puedan producir otros bienes de consumo y por ello se está sacrificando una producción alternativa, que debe tenerse en cuenta en los costos marginales totales.

Para el caso agua potable, lo que se está dejando de producir son esencialmente productos agrícolas, por lo que se debe cobrar al usuario el costo de oportunidad del agua para riego.

La determinación del valor del agua de riego se hizo en forma indirecta, o sea, a través de la diferencia de valor entre la tierra con derecho a riego y la de secano. La metodología consiste en determinar el valor neto de la tierra con derecho a riego y la de secano, a la cual se les ha descontado el valor de las obras y cosechas. Una vez determinada la diferencia de valores, ésta nos indica el valor presente de los derechos de riego. Al multiplicarla por el costo de capital se determina la anualidad del valor del agua y una vez conocida ésta se calcula el valor de la unidad del recurso en la producción alternativa y se le adiciona al costo marginal privado.

d) *Costo de la Externalidad de los Efluentes*

Luego de ser utilizada por el usuario, el agua retorna al medio ambiente con un alto grado de contaminación la que, al no ser eliminada, provocará una externalidad neta negativa en la comunidad.

Esta externalidad vendrá a través de un aumento de morbilidad y mortalidad, puesto que el agua contaminada que fluye por los ríos será utilizada en riego de hortalizas y otros productos agrícolas, a la vez que será ingerida por personas.

Por consiguiente, el valor de la externalidad puede ser medido indirectamente a través de la utilización de recursos (incluyendo el tiempo) destinados a salud, por efecto de enfermedades provocadas por la contaminación del agua.

A efectos de tarificación de alcantarillado, es este el costo relevante a cobrar en el corto plazo que, junto con los costos de operación y mantenimiento del alcantarillado, influye en la determinación de los costos marginales del servicio de alcantarillado relacionado al sistema de agua potable.

e) *Costo de Pérdidas de Distribución*

En la producción de agua potable es necesario que el recurso agua recorra grandes distancias desde el lugar de captación y de las plantas de tratamiento hasta los puntos de abastecimiento. Es precisamente en la etapa de distribución y abastecimiento donde se producen filtraciones y pérdidas considerables, lo cual hace que la eficiencia de producción sea relativamente baja.

Las filtraciones y pérdidas que tienen lugar en la etapa de distribución pueden clasificarse en filtraciones inevitables, a un costo inferior al valor del agua perdida, y en filtraciones evitables.

Solamente las pérdidas inevitables del sistema se incluyen en el costo marginal, ya que son necesarias para el normal abastecimiento de los consumidores.