

**IV CONGRESO LATINOAMERICANO DE
ESTUDIANTES DE INGENIERÍA CIVIL**

COLEIC, PANAMÁ 2007

CONCURSO DE PONENCIAS

TÍTULO: “MODELOS MATEMÁTICOS EMPLEADOS
PARA EL CÁLCULO DE TARIFAS DE PAGO POR
SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
APLICADOS A EMPRESAS OPERADORAS DE NUESTRA
REGIÓN”

AUTOR:
Ortega P. Jorge

ASESOR:
Benavides M. Holger

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

MODELOS MATEMÁTICOS EMPLEADOS PARA EL CÁLCULO DE TARIFAS DE PAGO POR SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO APLICADOS A EMPRESAS OPERADORAS DE NUESTRA REGIÓN

RESUMEN

La asignación justa y sostenible de la tarifa por consumo de agua urbana complementa la gestión eficiente de las empresas operadoras. La eficiencia de la operación y mantenimiento de sistemas de agua potable y alcantarillado implica la maximización de beneficios a partir de una inversión de recursos técnicos, financieros, ambientales y socio-económicos, principalmente. La intervención técnico-administrativa de las empresas operadoras no puede dejar de lado el criterio de *eficiencia dinámica* y autofinanciamiento.

En nuestra región, el cálculo y asignación de tarifas por el servicio público de agua urbana no son determinados de forma participativa ni técnica; se considera apropiado para el cálculo y asignación de tarifas revisar y actualizar el pliego tarifario continuamente (semestres), con base en los costos de inversión, administración, operación y mantenimiento del sistema, concatenado con los principios de solidaridad, reciprocidad, eficiencia, universalidad, racionalidad individual y de grupo y equidad, puesto que la eficiencia económica tampoco puede dejar de lado ninguno de estos criterios.

Nuestro estudio se encaminó a diagnosticar, comprobar y rediseñar las metodologías de eficiencia dinámica para la asignación del valor de tarifa por consumo de agua. El diagnóstico incluyó la búsqueda de información en cada empresa evaluada, se recabó datos históricos de modelos tarifarios anteriores; luego la comprobación estuvo encaminada a efectuar un análisis financiero de la operación y mantenimiento de la empresa frente al ingreso por cobro de planillas por servicio. Tras un balance elemental – ingresos y egresos –, se estableció la idoneidad del valor cobrado por unidad de volumen consumida en sus diferentes categorías. Luego de este examen técnico – administrativo – contable se diseñó una tarifa mensual a aplicar sobre el total de abonados, tal que genere los ingresos suficientes a la empresa y a la vez reúna todas las características para mejoramiento de la eficiencia y la sustentabilidad deseada.

1. INTRODUCCIÓN

Las empresas operadoras de los sistemas de agua potable y alcantarillado de nuestra región Sur del país, administrativamente dependen del Municipio cantonal, llegando a funcionar en la mayoría de los casos como un departamento más de la institución que representa al Gobierno Local. La mayoría de los Directores responsables de estas empresas (áreas ó departamentos técnicos) aspiran a ser una empresa autónoma o al menos semi-autónoma; mas, los criterios políticos, administrativos y culturales hacen que esto no sea así.

2. OBJETIVOS

- 1) Diagnosticar, comprobar y rediseñar las metodologías de eficiencia dinámica para la asignación del valor de tarifa por consumo de agua.
- 2) Desarrollar un flujo de caja elemental de egresos e ingresos, y analizar financieramente la inversión.
- 3) Proponer un modelo matemático idóneo para reajustar las tarifas por consumo de agua potable aplicado a nuestra región.

3. DIAGNÓSTICO DE CAMPO

Luego de efectuadas múltiples visitas técnicas a distintas empresas operadoras de sistemas de agua potable y alcantarillado de nuestra región geográfica, se ordenó la información recolectada en lo que respecta a tarifas según los cuadros siguientes.

De toda la información recolectada de los sistemas tarifarios o modelos empleados y que actualmente están en vigencia se agrupó en tres grandes categorías de tarifación, ordenados según su complejidad del cálculo de la tarifa final a facturar. *Es de importancia indicar que la totalidad de los Directores de las empresas investigadas nos exigieron la confidencialidad en el manejo de la información, sus datos y detalles presupuestarios-financieros.*

En los siguientes cuadros debemos tomar en cuenta que los valores obedecen a un promedio entre las tarifas fijadas por las empresas correspondientes a cada sistema tarifario y que al menos dos empresas se ajustan a cada una de ellos; así:

Cuadro 01. Resumen del sistema tarifario para tipos de empresas 1

EMPRESA	Consumo discretizado	TARIFA POR CONSUMO DE AGUA (\$ / m ³)					Observaciones	
		Residencial	Comercial	Oficial	Industrial	Otras		
Tipo 01	AGUA: Consumo básico (0-10 m ³)	0.93	1.40	0.47	1.86			
	AGUA: Consumo adicional (> 10 m ³)	0.21	0.21	0.10	0.21			
	AGUA: Cliente especial / categoría	0.47	0.70	0.24	0.93			
	Servicio de alcantarillados	5% del monto planillado por consumo de agua						
	Gestión de desechos						Empresa no lo factura	
	Servicios ambientales	5% del monto planillado por consumo de agua						

$$CT1 = (T + 0.1) * q \quad (01)$$

Donde,

CT1 - valor del pago por consumo de agua, según grupo de municipios 1.

q - consumo domiciliar leído, en m³

T - tarifa según categoría

Cuadro 02. Resumen del sistema tarifario para tipos de empresas 2

EMPRESA	Consumo discretizado	TARIFA POR CONSUMO DE AGUA (\$ / m ³)					Observaciones
		Residencial	Comercial	Oficial	Industrial	Otras	
Tipo 02	AGUA: Consumo básico (0-5 m ³)	1.00	1.20	0.50	1.40		tarifas por c/m ³ dentro del rango correspondiente. Según ecuación CT2
	AGUA: Consumo adicional (6-15 m ³)	0.20	0.24	0.10	0.28		
	AGUA: Consumo adicional (16-20 m ³)	0.40	0.48	0.20	0.56		
	AGUA: Consumo adicional (> 20 m ³)	0.60	0.72	0.30	0.84		
	Servicio de alcantarillados						La empresa no cobra por estos servicios
	Gestión de desechos						
	Servicios ambientales						

$$CT2 = T_{BASE} + Tad (q - 5) \quad (02)$$

Donde,

CT2 - valor del pago por consumo de agua, según grupo de empresas 2.

T_{BASE} - \$1

Tad - tarifa adicional para c/ rango volumétrico

q - consumo domiciliar leído, en m³

Cuadro 03. Resumen del sistema tarifario para tipos de empresas 3

EMPRESA	Consumo discretizado	TARIFA POR CONSUMO DE AGUA (\$ / m ³)					Observaciones
		Residencial	Comercial	Oficial	Industrial	Otras	
Tipo 03	AGUA: Consumo básico (0-15 m ³)	1.63	1.96	0.82	2.35		tarifas por c/m ³ dentro del rango correspondiente. Según ecuación CT3
	AGUA: Consumo adicional (16-30 m ³)	1.63+ q*0.08	1.96+ q*0.11	0.82+ q*0.06	2.35+ q*0.16		
	AGUA: Consumo adicional (31-50 m ³)	2.83+ q*0.10	3.61+ q*0.14	1.72+ q*0.08	4.75+ q*0.19		
	AGUA: Consumo adicional (51-80 m ³)	4.83+ q*0.11	6.41+ q*0.16	3.32+ q*0.10	8.55+ q*0.22		
	AGUA: Consumo adicional (81-100 m ³)	8.13+ q*0.13	11.21+ q*0.18	6.32+ q*0.12	15.15+ q*0.27		
	AGUA: Consumo adicional (> 100 m ³)	10.73+ q*0.15	14.81+ q*0.23	8.72+ q*0.14	20.55+ q*0.33		
	Servicio de alcantarillados	0.48	0.57	0.24	0.69		
	Gestión de desechos	0.48	0.57	0.24	0.69		
	Servicios ambientales	0.05 * q	0.05 * q	0.05 * q	0.05 * q		Según ecuación CT1

$$CT3 = T. BASE_{ad/categoría} + Tad (q) \quad (03)$$

Donde,

CT3a - valor del pago total según municipio 3

$T. BASE_{ad/categoría}$ - tarifa base según consumo y categoría

Tad - tarifa adicional para c/ rango volumétrico

q - consumo domiciliar leído, en m³

4. MODELOS MATEMÁTICOS PROPUESTOS PARA SISTEMAS DE TARIFACIÓN

4.1 Métodos aplicados para el reajuste de tarifas, para sistemas existentes.

El método propuesto se fundamenta en un reajuste de tarifas por el método de la fórmula polinómica.

$$\frac{T_r}{T_a} = S \times T_m + C \times T_e + Q \times T_q + E \times T_f + F \times T_{at} \quad (04)$$

$$T_m + T_e + T_q + T_f + T_{at} = 1 \quad (05)$$

$$S = S1/sm; \quad C = C1/c; \quad Q = Q1/q; \quad E = E1/e; \quad F = F1/f \quad (06)$$

Donde,

Tr - Tarifa a proyectar
Ta - Tarifa actual

FACTOR	DESCRIPCION	VALOR	COEFICIENTE
Tm	Mano de obra para la producción	38,000.00	0.644
Te	Energía eléctrica consumida por el sistema	400.00	0.007
Tq	Productos químicos para tratamiento	600.00	0.010
Tf	Depreciación de activos fijos	15,000.00	0.254
Tat	Material para mantenimiento de sistemas de agua potable	5,000.00	0.085
TOTAL		59,000.00	1.000

Datos promedios adaptados de los Municipios investigados. Ejemplo de cálculo.

COMPONENTES EN LA FECHA DEL REAJUSTE ANTERIOR

DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	US \$
sm = Salario mínimo vital vigente a junio del 2002	4.00
c = Costo de kilovatio hora de energía eléctrica a junio del 2002	1.2641
q = Costo de productos químicos, referencia Kg de Cloro a junio del 2002	4.1400
e = Depreciación de activos fijos, referencia estados financieros	24.00%
f = Mantenimiento de obras, índice de precios al consumidor, INEC junio del 2002	2,389.30

COMPONENTES PARA PROYECCIÓN A ENERO 2007

DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE	US \$
S1 = Salario mínimo vital vigente a septiembre del 2006	6.00
C1 = Costo de kilovatio hora de energía eléctrica a septiembre del 2006	1.4100
Q1 = Costo de productos químicos, referencia Kg de Cloro a septiembre del 2006	4.5000
E1 = Depreciación de Activos fijos, referencia estados financieros	20.00%
F1 = Mantenimiento de obras, índice de precios al consumidor, INEC Sept 2006	4,600.00

FACTOR		COMPONENTES	
		Anterior	Actual
Tm	0.644	B	4.0000 6.0000
Te	0.007	C	1.2641 1.4100
Tq	0.010	D	4.1400 4.5000
Tf	0.254	E	0.2400 0.2000
Tat	0.085	F	2,389 4,600

$$Tr = 136.00\% \quad Ta$$

Es decir que según este ejemplo, la empresa podrá elevar su tarifa hasta un máximo de 136% de la tarifa actual.

4.2 Modelos matemáticos propuestos para sistemas nuevos.

Para sistemas nuevos, la metodología que con mejores resultados se adapta a nuestra región del país se presenta así: (Rojas y Guillermo 2007).

a) Cálculo de la tarifa máxima aceptable (TMA)

$$TMA = Fp \times IP_b \quad (07)$$

Donde,

Fp - Factor por grado de pobreza de la comunidad, varía entre 0.02 a 0.03

IP_b - Promedio de las tres encuestas con ingresos más bajos.

b) Cálculo de la tarifa básica (TB)

$$TB = \frac{(K \times M \times CB)}{CC} \quad (08)$$

Donde,

- K - Factor de rebaja a la tarifa básica, normalmente se utiliza 0.70.
- M - Monto requerido de ingresos para operación y mantenimiento.
- CB - Consumo básico en m³/mes.
- CC - Consumo corregido considerados todos los usuarios.

La tarifa básica mínima no podrá ser menor que $\frac{M}{N_{usuarios}}$

$$M = \sum(m \times Rb_p) + \sum(n \times G_c) \quad (09)$$

Donde,

- m - factor para remuneraciones del personal. Para sistemas con tratamiento varía del 17% al 50%.
- n - factor para gastos complementarios. En el caso de sistemas con tratamiento varía del 50% al 90%.
- Rb_p - Remuneraciones básicas del personal: operador, oficinista, tesorero, ayudante y otros eventuales.
- G_c - Gastos complementarios: Gasto de Cloro, energía, accesorios y materiales, fondo de amortización y otros gastos.

$$CC = CB \times N_{usuarios} \quad (10)$$

Finalmente los ingresos en dólares por mes son:

$$I = TB \times N_{usuarios} \quad (11)$$

5. ANÁLISIS FINANCIERO

Con la información proporcionada de las empresas y departamentos correspondientes, se tomó un ejemplo en particular y se construyó un flujo de caja elemental de ingresos y egresos generales, (Benavides 2006). El resultado del análisis financiero propuesto se expone en el cuadro siguiente.

Cuadro 04. Resumen del análisis financiero. Ejemplo de aplicación.

FLUJO DE COSTOS E INDICADORES DE INVERSIÓN AMBIENTAL

Horizonte de evaluación: 5 años

Ejemplo de análisis de inversión general para un sistema de agua gestionado por Municipios

tasa de oportunidad: 4%		Años				
	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Concepto	0	1	2	3	4	5
1. INGRESOS :						
1.1 Ingresos por Facturación.		128,007	140,808	154,888	170,377	170,377
1.2 Excedente consumidor (serv. ambientales)		6,400	7,040	7,744	8,519	8,519
2. COSTOS						
2.1 Gastos de personal.	23,057	23,518	23,988	24,468	24,957	25,457
2.2 Bienes y Servicios de consumo	9,767	9,963	10,162	10,365	10,572	10,784
2.3 Bienes y servicios de Producción.	2,696	2,881	2,939	2,998	3,058	3,119
2.4 Bienes y Servicios de Consumo para I	5,875	5,993	6,113	6,235	6,360	6,487
2.5 Mantenimiento(maquinaria, equipos e infraestructura en general).	5,000	5,100	5,202	5,306	5,412	5,520
PROGRAMA DE INVERSIONES						
2.6 Adquisición terrenos	396,000					
2.7 Costo total mano de obra para la reforestación	1,250	1,250	1,250	1,275	1,301	1,327
2.8 Personal Manten Cuenca Hidrográfica	2,600	2,652	2,705	2,759	2,814	2,871
2.9 Adquisición plantas.	6,250	6,250	63	63	63	63
2.10 Linderos y cerco	10,000	500	500	500	500	500
2.12 Adquisición herramientas.	625	313	313	313	313	313
Beneficio total	-	134,407	147,848	162,633	178,896	178,896
Costo total	463,121	58,419	53,234	54,281	55,349	56,439
FLUJO NETO	(463,121)	75,988	94,614	108,352	123,547	122,457
VAN	5					
TIR	0.0400	! ... aproximaciones sucesivas "SOLVER" de excel !				

Como podemos observar, los municipios deberán tener un ingreso mínimo anual de US\$ 128000 con un incremento de al menos el 2% por cada año, para conseguir el punto de equilibrio de su inversión a cinco años, a una tasa de oportunidad del 4%. Los rubros de ingresos financieros son el de consumos tarifados y el 5% del consumo facturado anual como servicios ambientales, con esto se financian: costos operativos, compra de terrenos, mantenimiento forestal de cuencas hidrográficas, operación y mantenimiento de sistemas de distribución de agua, entre otros. Ver cuadro 04.

6. CONCLUSIONES

- Los modelos matemáticos empleados en las empresas operadoras de los municipios de nuestra región, tanto para el cálculo de tarifas en sistemas nuevos como para su actualización, cumplen con los estándares de eficiencia económica.
- El 25 % de las empresas respetan y aplican las tarifas a sus abonados, el 75% restante aplican subsidios obedeciendo intereses políticos y de “paz ciudadana”.
- El 62 % de las empresas investigadas incluyen en las facturas mensuales tasas adicionales por servicios ambientales, alcantarillados y recolección de basura.
- El 50 % de las empresas investigadas actualizan su sistema tarifario bianualmente.
- La diferenciación por rangos de consumo permite que los subsidios se den a consumos normales así también que los consumos elevados se castiguen.
- La efectiva aplicación de las tarifas de agua dependerá del sustento legal del que se pueda disponer para respaldar la gestión, mediante una normativa u ordenanza local.
- El régimen tarifario propuesto incluye solidaridad y redistribución de ingresos, tarifas diferenciadas para compensar a los estratos con menor ingreso de recursos.
- Si las empresas no subsidiaran los pagos por consumo de agua, pudieran financiarse la regeneración ambiental de sus fuentes y cuencas tributarias.

Agradecimiento.

Los autores agradecen a la UTPL por el apoyo brindado para el desarrollo de la presente investigación.

REFERENCIAS

ROJAS G., GUILLERMO P. (2007). Evaluación y diagnóstico de la calidad de agua potable suministrada por el sistema existente de la cabecera cantonal de Gonzanamá. Tesis para Ingeniero Civil – UTPL. Loja – Ecuador.

Fundación ecológica y desarrollo (2007). Tarifas incentivadoras del uso eficiente del agua principios básicos.

http://www.ecodes.org/documentos/archivo/principios_tarifas_agua2003.pdf

Water management:

<http://www.kisters.de/english/html/menu/homepage.html&main=6FB7404AE2367489C1256AB2003697AE>

http://www.sensusesaap.com/newd_home.asp?lang=ES

<http://www.unesco-ihe.org/research/publications>

