



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO
EN INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**UN MODELO PARA EL DISEÑO, REESTRUCTURACIÓN Y
ACTUALIZACIÓN DE TARIFAS DE AGUA POTABLE Y
SANEAMIENTO; LOS SISTEMAS DE GUYANA**

T E S I S

COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS-GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA

PRESENTA:
MARLON NELZIN DANIELS

DIRECTOR DE TESIS:
M. C. ALFONSO OLAIZ Y PÉREZ

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M. C. Arturo Hidalgo Toledo

Secretario: M. I. Flor Cruz Gutiérrez

Vocal: M. en C. Alfonso Olaiz y Pérez

1^{er}. Suplente: M. I. José Alfredo González Verdugo

2^{do}. Suplente: M. C. Mario Oscar Buenfil Rodríguez

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

Posgrado en Ingeniería de la UNAM, Campus Morelos.

TUTOR DE TESIS:

M. en C. Alfonso Olaiz y Pérez

FIRMA

Esta tesis corresponde a los estudios realizados con una beca otorgada por la Secretaría de Relaciones Exteriores del Gobierno de México

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mi amada esposa Rhonda, quien me ha dado su amor y apoyo incondicional y total durante mis estudios; a nuestra adorable hijita Imani Eusebia cuyo nacimiento ha culminado nuestra estancia en México; a mi madre Beverly, hermana Petal y hermano Jermaine por su amor y apoyo en cada una de mis metas.

AGRADECIMIENTOS

Merecen mis agradecimientos el Gobierno de Guyana por facilitarme la beca con la cual se hicieron posibles mis estudios y al Gobierno de México por su apoyo económico durante el plazo de la beca.

Sin el apoyo de tanto la gerencia y personal de GWI, en particular los Señores Aubrey Roberts y Sizwe Jackson, como el de los profesores y personal complementario de la DEPFI, Campus Morelos, no se podría haber desarrollado esta tesis.

En especial a mi asesor de tesis, el Ing. Alfonso Olaiz por su apoyo y paciencia conmigo; el Ing. José Alfredo González, la Sra. María de Lourdes Barba de la DEPFI, Campus Morelos; el Dr. Sergio Fuentes Maya y la Mtra. Brisia Jon de Ciudad Universitaria por su ayuda y apoyo que cortésmente me han dado.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	- 4 -
AGRADECIMIENTOS.....	- 5 -
RESUMEN.....	- 10 -
ABSTRACT.....	- 11 -
PREFACIO.....	- 12 -
CAPÍTULO 1 – MODELOS TARIFARIOS.....	- 13 -

1.1	INTRODUCCIÓN.....	- 13 -
1.2	MODELOS TARIFARIOS ALTERNATIVOS.....	- 13 -
1.2.1	<i>Tarifa en Dos Partes.....</i>	- 13 -
1.2.2	<i>Tarifa en Bloques Crecientes.....</i>	- 13 -
1.2.3	<i>Tarifa en Bloques Decrecientes.....</i>	- 14 -
1.2.4	<i>Precio Unitario Variable.....</i>	- 15 -
1.3	CONCLUSIÓN.....	- 15 -

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN GUYANA..... - 16 -

2.1	INTRODUCCIÓN.....	- 16 -
2.2	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	- 16 -
2.3	PROBLEMÁTICA.....	- 17 -
2.4	EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES.....	- 18 -
2.4.1	<i>El Abastecimiento y el Consumo del Agua.....</i>	- 20 -
2.4.2	<i>Micromedición.....</i>	- 21 -
2.4.3	<i>Eficiencia.....</i>	- 22 -
2.5	EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES COMERCIALES.....	- 23 -
2.5.1	<i>Padrón de Usuarios.....</i>	- 23 -
2.5.2	<i>Tarifas.....</i>	- 23 -
2.6	EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN FINANCIERA.....	- 25 -
2.6.1	<i>Gastos.....</i>	- 25 -
2.6.2	<i>Ingresos.....</i>	- 25 -
2.6.3	<i>Balance.....</i>	- 27 -
2.7	CONCLUSIONES	- 28 -

CAPÍTULO 3 – PROYECCIONES..... - 29 -

3.1	INTRODUCCIÓN.....	- 29 -
3.2	HORIZONTE DE PLANEACIÓN.....	- 29 -
3.3	PROYECCIONES DE POBLACIÓN.....	- 29 -
3.4	PROYECCIÓN DE COBERTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE.....	- 30 -
3.5	PROYECCIÓN DE LA DEMANDA Y EL CONSUMO DE AGUA.....	- 30 -
3.5.1	<i>Número de Tomas Proyectadas.....</i>	- 30 -
3.5.2	<i>Clasificación de los Clientes.....</i>	- 31 -
3.5.3	<i>Proyección de la Demanda.....</i>	- 32 -
3.5.3.1	<i>Demanda Doméstica.....</i>	- 32 -
3.5.3.2	<i>Demanda No Doméstica.....</i>	- 32 -
3.5.3.3	<i>Demanda Proyectada.....</i>	- 32 -
3.6	EFICIENCIA.....	- 34 -
3.7	PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (PRODUCCIÓN) DE AGUA.....	- 34 -
3.8	PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA ESPERADO A FACTURAR.....	- 35 -

3.9	MEDICIÓN DOMICILIARIA.....	- 35 -
3.10	PLAN DE INVERSIONES.....	- 35 -
3.11	PROYECCIÓN DE LOS COSTOS TOTALES.....	- 36 -

CAPÍTULO 4 - MODELOS ALTERNATIVOS Y SUS RESULTADOS..... - 38 -

4.1	DETERMINACIÓN DE LOS INGRESOS REQUERIDOS A FUTURO.....	- 38 -
4.2	DETERMINACIÓN DEL PRECIO UNITARIO MEDIO.....	- 40 -
4.2.1	<i>Precio Fijo Medio</i>	- 40 -
4.2.2	<i>Precio Variable Medio</i>	- 40 -
4.3	MODELOS ALTERNATIVOS Y SUS RESULTADOS.....	- 40 -
4.3.1	<i>Modelos de Cargo Fijo</i>	- 41 -
4.3.1.1	Cargo Fijo Uniforme.....	- 41 -
4.3.1.2	Cargo Fijo Variable.....	- 41 -
4.3.2	<i>Modelos de Cuota Volumétrica</i>	- 44 -
4.3.2.1	Precio Unitario Variable.....	- 44 -
4.3.2.2	Tarifa en Bloques Crecientes.....	- 48 -
4.3.2.3	Tarifa en Bloques Decrecientes.....	- 53 -
4.3.2.4	Combinación: Tarifa en Bloques Crecientes/Decrecientes.....	- 57 -

CAPÍTULO 5 – ANÁLISIS.....- 62 -

5.1	MODELO DE CARGO FIJO.....	- 62 -
5.2	MODELO DE CUOTA VOLUMÉTRICA.....	- 62 -
5.3	COMPARACIÓN INTERNACIONAL.....	- 66 -

CONCLUSIÓN..... - 68 -

RECOMENDACIONES..... - 70 -

BIBLIOGRAFÍA..... - 71 -

ANEXOS..... - 74 -

ANEXO A.....	- 74 -
ANEXO B.....	- 75 -
ANEXO C.....	- 83 -

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2-1 – MAPA DE UBICACIÓN.....	- 16 -
FIGURA 2-2 – MAPA DIVISIONAL.....	- 17 -
FIGURA 2-3 – NÚMERO TOTAL DE CLIENTES (TOMAS).....	- 19 -
FIGURA 2-4 – PORCENTAJE DE CLIENTES POR DIVISIÓN (2001 – 2006).....	- 19 -
FIGURA 2-5 – VOLUMEN TOTAL DE AGUA PRODUCIDA.....	- 20 -
FIGURA 2-6 – PORCENTAJE DE CLIENTES QUE CUENTAN CON MEDIDOR.....	- 20 -
FIGURA 2-7 – PORCENTAJE DE CLIENTES QUE CUENTAN CON MEDIDOR.....	- 21 -
FIGURA 2-8 – GASTO PROMEDIO (2002 - 2005).....	- 24 -
FIGURA 2-9 – INGRESOS (2003).....	- 26 -
FIGURA 2-10 – INGRESOS CONTRA GASTOS (2002 - 2003).....	- 26 -
FIGURA 3-1 – PROYECCIÓN DE POBLACIÓN (2005 - 2025).....	- 28 -
FIGURA 4-1 – INGRESOS REQUERIDOS (2010).....	- 38 -
FIGURA 4-2 – ESTRUCTURA TARIFARIA – CARGO FIJO VARIABLE.....	- 43 -

FIGURA 4-3 – ESTRUCTURA TARIFARIA – PRECIO UNITARIO VARIABLE.....	- 45 -
FIGURA 4-4 – TARIFA EN BLOQUES CRECIENTES (CLIENTES DOMÉSTICAS).....	- 49 -
FIGURA 4-5 – TARIFA EN BLOQUES CRECIENTES (CLIENTES NO DOMÉSTICAS).....	- 50 -
FIGURA 4-6 – TARIFA EN BLOQUES DECRECIENTES (CLIENTES DOMÉSTICOS).....	- 54 -
FIGURA 4-7 – TARIFA EN BLOQUES DECRECIENTES (CLIENTES NO DOMÉSTICOS).....	- 54 -
FIGURA 4-8 – TARIFA EN BLOQUES CRECIENTES/DECRECIENTES (CLIENTES DOMÉSTICAS)...	- 58 -
FIGURA 4-9 – TARIFA EN BLOQUES CRECIENTES/DECRECIENTES (CLIENTES INSTITUCIONALES).....	- 58 -
FIGURA 4-10 – TARIFA EN BLOQUES CRECIENTES/DECRECIENTES (CLIENTES COMERCIALES E INDUSTRIALES).....	- 59 -

LISTA DE TABLAS

TABLA 2-1 – NÚMERO TOTAL DE CLIENTES (TOMAS).....	- 18 -
TABLA 2-2 – AGUA NO CONTABILIZADA.....	- 21 -
TABLA 2-3 – TARIFAS DE ALCANTARILLADO (2007).....	- 22 -
TABLA 2-4 – TARIFAS DE AGUA POTABLE (2007).....	- 23 -
TABLA 2-5 – GASTOS (2002 - 2005).....	- 25 -
TABLA 2-6 – INGRESOS (2002 - 2003).....	- 25 -
TABLA 3-1 – NÚMERO TOTAL PROYECTADO DE TOMAS (2010 - 2025).....	- 30 -
TABLA 3-2 – CLASIFICACIÓN DE LOS CLIENTES (PROYECTADA: 2010 - 2025).....	- 30 -
TABLA 3-3 – DISTRIBUCIÓN DE LOS CLIENTES DENTRO DE CADA RANGO DE CONSUMO.....	- 31 -
TABLA 3-4 – MODA DEL CONSUMO.....	- 31 -
TABLA 3-5 – DEMANDA PROYECTADA/CONSUMO ESPERADO (2010 – 2025).....	- 32 -
TABLA 3-6 – METAS DE EFICIENCIAS FÍSICA Y COMERCIAL (2010 - 2015).....	- 33 -
TABLA 3-7 – PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE EXTRACCIÓN/PRODUCCIÓN DE AGUA ANUAL (2010 - 2025).....	- 33 -
TABLA 3-8 – PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA ESPERADO A FACTURAR (2010 - 2025)...	- 34 -
TABLA 3-9 – INVERSIONES NECESARIAS.....	- 35 -
TABLA 3-10 – CÁLCULO DEL COSTO UNITARIO MEDIO.....	- 35 -
TABLA 3-11 – DESGLOSE DE LOS GASTOS DE OPERACIÓN ANUALES PROYECTADOS (2010)...	- 36 -
TABLA 4-1 – INGRESOS REQUERIDOS (2010).....	- 38 -
TABLA 4-2 – ESTRUCTURA TARIFARIA – CARGO FIJO VARIABLE.....	- 42 -
TABLA 4-3 – ESTRUCTURA TARIFARIA – PRECIO UNITARIO VARIABLE.....	- 46 -
TABLA 4-4 – ESTRUCTURA TARIFARIA – TARIFA EN BLOQUES CRECIENTES.....	- 48 -
TABLA 4-5 – COMPARACIÓN – TARIFA EN BLOQUES CRECIENTES.....	- 51 -
TABLA 4-6 – ESTRUCTURA TARIFARIA – TARIFA EN BLOQUES DECRECIENTES.....	- 53 -
TABLA 4-7 – COMPARACIÓN – TARIFAS EN BLOQUES DECRECIENTES.....	- 55 -
TABLA 4-8 – ESTRUCTURA TARIFARIA – TARIFAS EN BLOQUES CRECIENTES/DECRECIENTES.....	- 57 -
TABLA 4-9 – COMPARACIÓN – TARIFAS EN BLOQUES CRECIENTES/DECRECIENTES.....	- 60 -
TABLA 5-1 – PREFERENCIA DE LAS ESTRUCTURAS TARIFARIAS.....	- 62 -
TABLA 5-2 – COMPARACIÓN ENTRE ESTRUCTURA TARIFARIA ACTUAL Y LA PROPUESTA EN ESTE TRABAJO.....	- 64 -
TABLA 5-3 – COMPARACIÓN MUNDIAL DE TARIFAS DE AGUA POTABLE.....	- 65 -

RESUMEN

Esta tesis tiene como su objetivo principal, el uso de modelos de optimización en el diseño de una estructura tarifaria de agua potable completa y equitativa, para uso específico en el organismo operador (semi-autónomo) de agua potable en Guyana, Guyana Water Incorporated (GWI).

Uno de los objetivos de la GWI es: “*Conseguir la autosuficiencia financiera de modo que a largo plazo no sea necesario el financiamiento externo*”. Sin embargo, es del conocimiento y preocupación público que el organismo operador no ha generado ingresos suficientes para cubrir los gastos implícitos en el suministro de agua potable a sus consumidores. La evidencia sugiere que la estructura tarifaria actual es incapaz de conseguir este objetivo, causando una dependencia, aparentemente perpetua, en subvenciones anuales del gobierno y la benevolencia de los instituciones financieras internacionales. Los modelos desarrollados en esta tesis han sido diseñados para conseguir expresamente la autosuficiencia financiera, junto con lograr que la estructura tarifaria resulte tanto completa como equitativa.

Se podrán notar dos bloques en las estructuras tarifarias. Aparte de una cuota volumétrica por unidad de agua consumida, se cobra a cada cliente un cargo fijo (*como una renta mensual*) por tener una toma. La parte variable del gasto fijo total proyectado del organismo operador se recupera en la cuota volumétrica mientras la parte fija se recupera en el cargo fijo.

Se presentan dos modelos alternativos de cargo fijo (cargo fijo uniforme y cargo fijo variable) y cuatro modelos alternativos de cuota volumétrica (precio unitario variable, tarifa en bloques crecientes, tarifa en bloques decrecientes, tarifa en bloques crecientes/decrecientes).

Todos los modelos logran la autosuficiencia financiera del organismo operador. También, cada modelo alternativo tiene como propósito la eficiencia y la equidad en la estructura tarifaria, y contempla subsidios cruzados entre los diferentes tipos de clientes. Sin embargo, al combinar un modelo de tarifa en bloques crecientes para los clientes domésticos e institucionales, con un modelo de tarifa en bloques decrecientes para los clientes comerciales e industriales, logra el incentivo adicional de respetar las diferentes economías de escala. El uso de tal estructura tarifaria no tiene precedentes. Por consiguiente, este es el modelo preferido para GWI.

Una vez implementada, esta estructura tarifaria garantiza que las operaciones de GWI logren la autosuficiencia financiera. Garantiza una estructura tarifaria completa y equitativa que toma en consideración la voluntad y capacidad de los clientes de cubrir el costo real por el agua potable. Finalmente, promueve una cultura de eficiencia en el uso del agua potable, sobre todo, entre los clientes domésticos e institucionales.

ABSTRACT

This thesis has, as its primary purpose, the use of optimisation models in the design of a comprehensive and equitable potable water tariff structure, for specific use in the semi-autonomous water utility company in Guyana, Guyana Water Incorporated (GWI).

One of the objectives of GWI is: “*To achieve financial self-sufficiency so that long-term dependence on external funding is removed*”. However, it is of public knowledge and concern that the water utility company has not been generating sufficient revenue to offset the costs implicit in the supply of potable water to its consumers. Evidence suggests that the current tariff structure is incapable of achieving this objective, resulting in a seemingly perpetual dependence of the company on annual government subventions and the benevolence of international donor agencies. The models developed in this thesis are designed to specifically achieve financial self-sufficiency, along with making the resulting tariff structure both comprehensive and equitable.

There is a deliberate focus on two-part tariff structures, meaning that, apart from a volumetric charge for each unit of water consumed, each customer attracts a fixed charge (*monthly rental fee*) by virtue of having a service connection. The variable portion of the projected fixed expenditure of the company is recuperated in the volumetric charge. Likewise, the fixed portion is recuperated in the fixed charge.

Two alternative fixed charge models (uniform fixed charge and variable fixed charge) and four alternative volumetric charge models (variable unit pricing, increasing block tariff, decreasing block tariff, increasing/decreasing block tariff) are presented.

All models result in the water utility company achieving financial self-sufficiency. Each alternative model also projects efficiency and equity in the tariff structure, whilst promoting cross-subsidisation among different customer types. However, by combining an increasing block tariff model for domestic and institutional customers, with a decreasing block tariff model for commercial and industrial customers, the added incentive of respecting different economies of scale is achieved. The use of such a tariff structure is unprecedented. Consequently, this is the preferred model for GWI.

Once implemented, this tariff structure guarantees that GWI will be rendered financially self-sufficient. It guarantees a comprehensive and equitable tariff structure which takes into consideration the willingness and ability of customers to pay the real cost for potable water services. Finally, it promotes a culture of efficiency of water use, especially among domestic and institutional customers.

PREFACIO

“La prueba de nuestro progreso no consiste en si añadimos más a la abundancia de aquellos que tienen mucho; sino si proporcionamos bastante para aquellos que tienen poco” Franklin Delano Roosevelt.

La falta de disponibilidad del agua para las necesidades humanas básicas es raramente debido a una carencia del recurso en cualquier país en particular. La cantidad del agua usada para las necesidades domésticas esenciales es menos de un décimo del uso total. Mejor dicho, la gente no tiene agua segura porque hay una carencia de la infraestructura y la capacidad reguladora para proteger las fuentes y distribuir el agua.

En 2002, el Comité de los Derechos Económicos, Sociales y Culturales de la Organización de las Naciones Unidas liberó un Comentario General del Derecho al Agua que declaró que el derecho humano al agua autoriza a cada ciudadano del mundo una cantidad de agua suficiente, segura, aceptable, físicamente accesible y con un precio económico para uso personal y doméstico.

Una cuestión simple, potencialmente polémica pero muy importante sería la de los costos inherentes para garantizar a cada uno ese “derecho al agua”. Tanto la Conferencia Internacional sobre el Agua, celebrada en la ciudad anfitriona de Dublín en 1992 (por los Principios de Dublín) como la Conferencia sobre Desarrollo y el Medioambiente (la Cumbre de la Tierra), celebrada en la ciudad anfitriona de Río de Janeiro en 1992 (por su Agenda 21) han puesto la cuestión del agua como un bien económico en la perspectiva global. El costo y el valor del agua se hacen muy importantes en la determinación del precio del agua, es decir, el precio que se debe cobrar o que se tiene que pagar por el uso de cada unidad de agua.

Esta tesis tiene como propósito el uso de modelos de optimización en el diseño de una estructura tarifaria (*esencialmente diferentes precios unitarios cobrados a diferentes usos del agua*) de agua potable completa para el uso en el organismo operador semi-autónomo en Guyana, Guyana Water Incorporated.

El primer capítulo presenta un panorama general de los diferentes modelos considerados en el diseño de la estructura tarifaria apropiada para los clientes locales. Luego, el capítulo 2 presenta las características operacionales, comerciales y financieros actuales del organismo operador.

En el capítulo 3 se hacen proyecciones a corto, mediano y largo plazo con el objetivo final de determinar los gastos anuales totales del organismo operador (*el monto total requerido a futuro*) y el volumen total de agua esperado a facturar (*la demanda a futuro*). De ahí, se calcula un costo unitario del agua.

Basado en la necesidad de ser financieramente autosuficiente y en consideración de la necesidad de generar fondos para programas de expansión y mejoras en el futuro, se calcula un precio/tarifa unitario(a). Lo que forma la base del capítulo 4 es el ajuste de este(a) precio/tarifa unitario(a) para diseñar la estructura tarifaria, así que se desarrolla cada modelo alternativo y se presentan los resultados obtenidos.

Se concluye la tesis con el capítulo 5 en donde se hace un análisis de los resultados de los modelos alternativos y se presentan algunas conclusiones y recomendaciones importantes.

Marlon Nelzin Daniels
Mayo de 2008

CAPÍTULO 1 – MODELOS TARIFARIOS

1.1 INTRODUCCIÓN

Este capítulo presenta una breve descripción de los modelos alternativos que fueron considerados en el diseño de una estructura tarifaria para el organismo operador de agua potable en Guyana: *Guyana Water Incorporated* (GWI).

1.2 MODELOS TARIFARIOS ALTERNATIVOS

1.2.1 Tarifa en Dos Partes

Una estructura tarifaria en dos partes, esencialmente, está compuesta por: un cargo fijo y una cuota volumétrica. El cargo fijo puede ser llamado una cuota de acceso o una renta fija para permitir el acceso al servicio de agua potable.

La cuota de acceso es diseñada para cubrir ciertos gastos fijos del abastecimiento de agua potable; como el servicio de deudas, el mantenimiento ineludible y gastos de transporte fijos. Esta cuota proporciona los fondos necesarios para mantener la infraestructura física y otros gastos generales del sistema.

La cuota volumétrica cubre los gastos variables del abastecimiento de agua potable, incluso la provisión de productos químicos para el tratamiento del agua y los gastos de electricidad, necesarios para operar las bombas.

Es importante notar que puede no ser posible determinar exactamente todos los gastos fijos y variables involucrados en el abastecimiento de agua potable. Por lo tanto, es a la discreción de la gerencia del organismo operador determinar hasta que punto ajustar la base de los costos para uno u otro.

1.2.2 Tarifa en Bloques Crecientes

Una estructura tarifaria en bloques crecientes proporciona dos o más cuotas para el agua consumida, donde cada cuota se aplica al consumo de un cliente dentro de un bloque definido. Los precios se elevan con cada bloque sucesivo.

En esencia, se cobra a un usuario una cuota unitaria para las primeras unidades consumidas, hasta un número especificado de unidades, que define el límite superior del primer bloque. Por encima de este número, se cobrará al usuario una cuota más alta por las unidades adicionales consumidas, hasta que un segundo número especificado de unidades sea consumido (que corresponde al límite

ANEXOS

del segundo bloque), y sigue siendo así hasta que el consumo del usuario coincida al bloque más alto en la estructura.

Típicamente, el usuario puede consumir tanta agua como desee en este bloque superior, pero cada unidad adicional consumida, la cuenta final del período se incrementa en una cantidad igual al precio más alto de la estructura tarifaria. Con esta estructura, se promueve la conservación de agua porque cuando se aumenta el consumo la cuenta final se aumenta también.

Una característica común de una estructura en bloques crecientes es que se fija la cuota dentro del primer bloque a un precio por debajo del costo real del agua; así esos usuarios con consumos grandes proporcionan un subsidio cruzado a aquellos con consumos dentro de este primer bloque. Se supone que la cuota subsidiada del primer bloque proteja a aquellos clientes marginados con un consumo muy bajo que, por otra parte, no pueden cubrir el costo real del servicio de agua potable.

1.2.3 Tarifa en Bloques Decrecientes

La diferencia entre la estructura tarifaria en bloques crecientes y aquella en bloques decrecientes es que en la segunda, la cuota unitaria para cada bloque sucesivo se disminuye.

Se cobra al usuario una cuota unitaria alta para las primeras unidades consumidas dentro del bloque inicial. En el segundo bloque, el usuario afronta una cuota unitaria inferior para unidades adicionales consumidas. En el bloque final, el consumo máximo acompaña la cuota unitaria más baja.

Seguramente, la estructura en bloques decrecientes no promueve la conservación del agua. Sin embargo, contribuye más a las economías de escala del organismo operador. En esencia, aquellos usuarios con muy grandes consumos contribuyen más financieramente al organismo operador. Por lo tanto puede ser sostenido que estos consumidores merecen una cuota inferior para cada unidad adicional consumida.

La estructura en bloques decrecientes se dirige principalmente a los usuarios no domésticos con consumos relativamente grandes (comerciales e industriales). Con una estructura en bloques crecientes, estos usuarios pueden decidir dejar el servicio y hacer arreglos alternativos para su abastecimiento de agua, porque una tarifa en bloques crecientes puede ir en sentido contrario a su existencia. El consumo más alto significa una producción de agua más alta que, por su parte, debería traducir en mayores ganancias. Sin embargo, con cuotas crecientes para unidades adicionales consumidas, los márgenes de ganancia podrían ser considerablemente reducidos al abandonar el sistema los grandes consumidores.

Por lo tanto, aunque su uso sea muy común, sobre todo en los Estados Unidos, una estructura en bloques decrecientes es más apropiada para usuarios no domésticos, en particular, usuarios comerciales e industriales que usan el agua como un insumo en el proceso productivo o de servicios.

1.2.4 Precio Unitario Variable

En la estructura tarifaria del precio unitario variable, el usuario paga una cuota unitaria por unidad de volumen consumida, independientemente del número de unidades actuales consumidas. Sin embargo, esta cuota unitaria aumenta para usuarios con grandes consumos crecientes, o la cuota varía entre usuarios con diferentes regímenes de consumo. De ahí, el precio unitario variable.

En este caso, se agrupan los usuarios de agua en categorías, según su nivel socioeconómico (nivel de ingresos) y su correspondiente patrón de consumo. Por ejemplo, en el caso de los usuarios domésticos, hay tres categorías; cada categoría sucesiva tiene un nivel socioeconómico más alto y un consumo periódico proporcionalmente más alto.

1.3 CONCLUSIÓN

Se desarrolló cada modelo alternativo descrito. Además, dos modelos (los de bloques crecientes y decrecientes) fueron combinados para formar un solo modelo. Se incluye dentro de cada modelo alternativo un componente de cargo fijo que es independiente de las unidades del agua consumidas. Por lo tanto, en efecto, todos los modelos presentados pueden ser considerados como estructuras tarifarias de dos partes.

Se realizó un análisis detallado para determinar el modelo más conveniente para Guyana. Después, se hacen recomendaciones para su buena implementación y uso.

CAPÍTULO 2 – CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN GUYANA

2.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es resumir la situación actual del sistema operador de agua potable y alcantarillado en Guyana, tomando en cuenta tanto el aspecto operacional y comercial como financiero. Los datos crudos fueron proporcionados por la gerencia del organismo operador. Generalmente podrían ser considerados confiables. Sin embargo, en algunos casos, hay unas interrupciones en su secuencia durante algunos años.

2.2 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El primero de junio de 2002, nació *Guyana Water Incorporated* (GWI). Antes de esta fecha, el agua potable fue suministrada a los residentes de Guyana por tres entidades separadas y distintas (ver Figura 2-1):

- (i) El **Georgetown Sewerage and Water Commissioners** (GS&WC) con la responsabilidad del abastecimiento de agua potable y servicios de alcantarillado a los residentes dentro de la capital, Georgetown;
- (ii) El **Guyana Water Authority** (GUYWA) con la responsabilidad del abastecimiento de agua potable a los residentes en las áreas suburbanas, rurales y dentro del interior del país (excluyendo el pueblo de Linden (Región 10) y aquellas áreas abastecidas por el Sugar Industry Labour Welfare Fund Committee);
- (iii) El **Sugar Industry Labour Welfare Fund Committee** (SILWF) con la responsabilidad del abastecimiento de agua potable al pueblo de Linden (Región 10) y las áreas alrededor de las empresas azucareras, las cuales se encuentran sobre la costera del país (dentro de las Regiones 3, 4, 5 y 6).

CAPÍTULO II

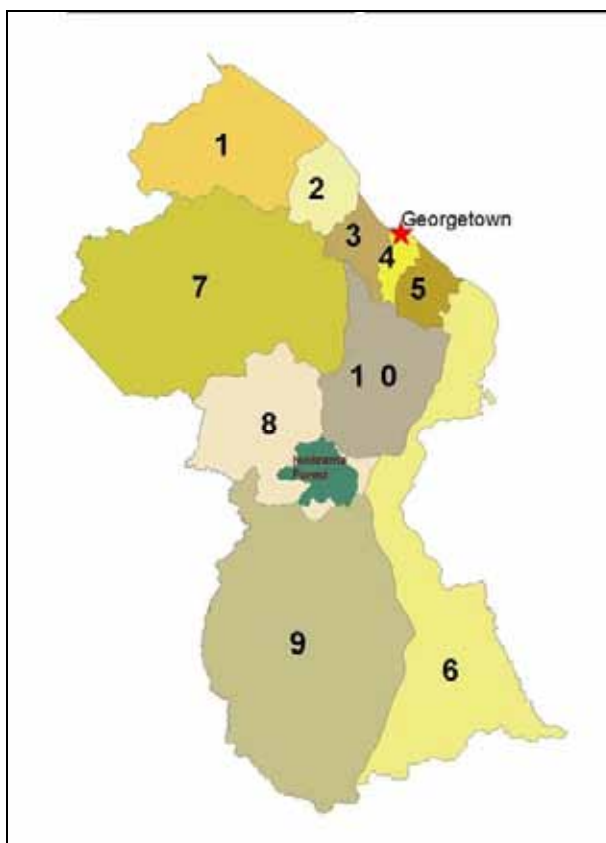


Figura 2-1 – Mapa de Ubicación

(Fuente: http://www.iwokrama.org/library/gisimages/GIS_Iwokrama_GuyanaRegions.jpg)

2.3 PROBLEMÁTICA

El establecimiento de GWI era necesario debido a la necesidad de integrar y consolidar recursos para fomentar mejoras de servicio y ampliar la cobertura nacional consiguiendo economías de escala y sostenibilidad financiera. Inversiones masivas durante años en el sector por GS&WC, GUYWA y SILWF habían dejado de satisfacer las necesidades de los clientes Guyaneses para un mejor sistema de agua potable y alcantarillado. Muchas comunidades costeras sufrían de niveles inadecuados tanto en el suministro del agua potable como en la calidad del agua suministrada; mientras la mayoría de las comunidades en el interior del país no contaba con el servicio o, en algunos casos, con un servicio totalmente inadecuado.

Esta situación tuvo que ser abordada de acuerdo con la Estrategia Nacional de Desarrollo y las Metas del Milenio – para reducir para el año 2015 al 50% la población sin acceso seguro y sostenible al agua potable y saneamiento. La formación de GWI tuvo el propósito de propulsar Guyana hacia el logro de estos objetivos.

Lamentablemente, después de cinco años, todavía hay muchas áreas problemáticas que tienen que ser abordadas, entre ellas:

CAPÍTULO II

- (i) Los bajos niveles de eficiencia física y comercial,
- (ii) El déficit anual en el balance financiero del sistema operador,
- (iii) Tasas bajas de micromedición,
- (iv) La carencia de tecnologías alternativas en el tratamiento y suministro de agua potable.

Actualmente, el sistema operador es dependiente, en gran medida, de subvenciones anuales por parte del gobierno para su supervivencia. Como hay una buena voluntad de conseguir la autosuficiencia financiera en el corto a medio plazo, la tarea de un estudio tarifario tiene la gran importancia.

Por lo tanto, esta investigación tiene como propósito de, en primer lugar, hacer un análisis completo de la situación operacional y financiera existente dentro de GWI. Después, se espera que sean diseñadas tarifas económicas y equitativas, y recomendaciones para su implementación y revisión anual, buscando la autosuficiencia financiera y económica del organismo operador. Finalmente, se harán recomendaciones sólidas para estrategias a largo plazo para asegurar la viabilidad financiera continua de la compañía.

2.4 EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES

GWI es responsable del abastecimiento de agua potable y saneamiento en toda Guyana. Sin embargo, solamente ciertas partes de Georgetown se benefician de servicios de alcantarillado. La estructura adoptada para llevar a cabo este objetivo subdivide el país en cinco divisiones administrativas y una sección del interior (“*inland*” y “*hinterland*”). Éstas son ilustradas a continuación:

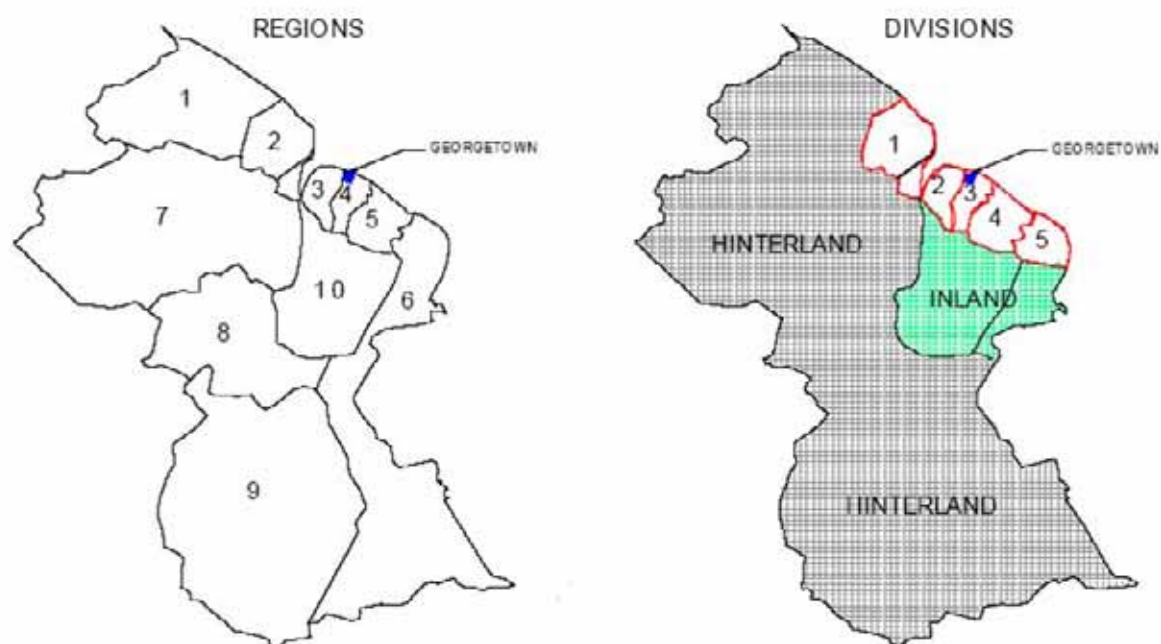


Figura 2-2 – Mapa Divisional
(Fuente: GWI)

CAPÍTULO II

Tabla 2-1 – Número Total de Clientes (Tomas)

División Administrativa	Límites	Número de Clientes					
		2001	2002	2003	2004	2005* ¹	2006
División 1	Essequibo Coast Wakenaam Island	6,283	6,996	8,289	8,301	7,643*	10,888
División 2	West Bank Demerara Leguan	23,105	22,926	21,552	23,932	23,253*	21,183*
División 3	Linden	4,761	4,687	4,755	4,498*	4,113*	4,635
East Bank Demerara	East Bank Demerara	14,283	13,518	12,751	12,440*	10,325*	10,906
East Coast Demerara	East Coast Demerara	29,688	29,173	28,103	29,313	26,946*	27,174
Georgetown	Georgetown	41,853	38,959	35,616	35,205*	27,535*	28,521
División 4	West Berbice	17,870	16,747	15,374	14,814*	13,497*	12,068*
División 5	East Berbice	30,760	30,542	29,898	30,846	29,680*	29,559
Interior	Regiones 1, 7, 8, 9, pueblos indígenas especificas en las Regiones 2, 3, 4, 5, 6 & 10	1,156	1,202	1,241	1,276	1,301	1,450
TOTAL		169,759	164,750	157,579	160,625	144,293*	146,384

(Fuente: GWI)

*¹ La disminución del número total de clientes en los años desde 2001 es debido a la eliminación de cuentas duplicadas e inactivas.

CAPÍTULO II

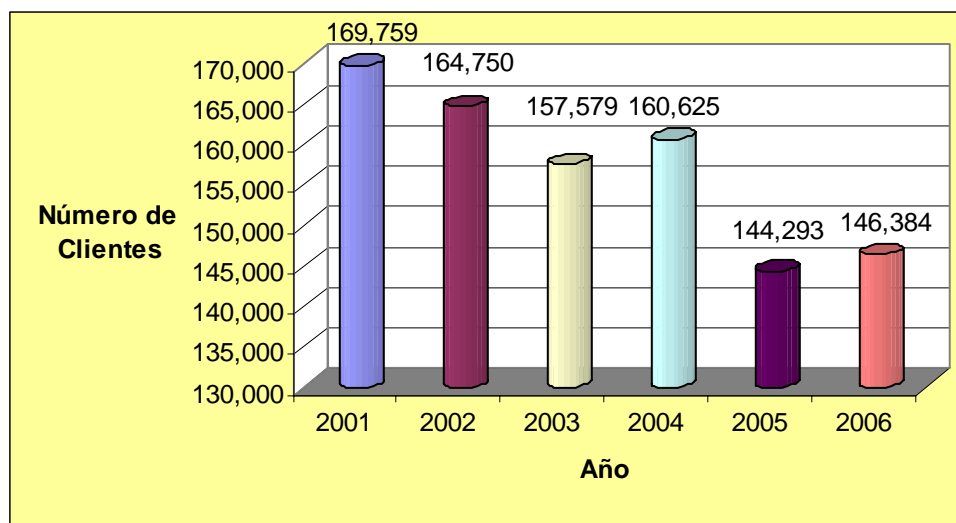


Figura 2-3 - Número Total de Clientes (Tomas)
(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

Sin duda, la División 3 es la más grande con Georgetown, la capital, conteniendo el número más alto de clientes, seguida por las Divisiones 5, 2 y 4 por orden decreciente. Durante los años 2001 – 2006, la distribución de clientes por división se muestra en la figura 2-4:

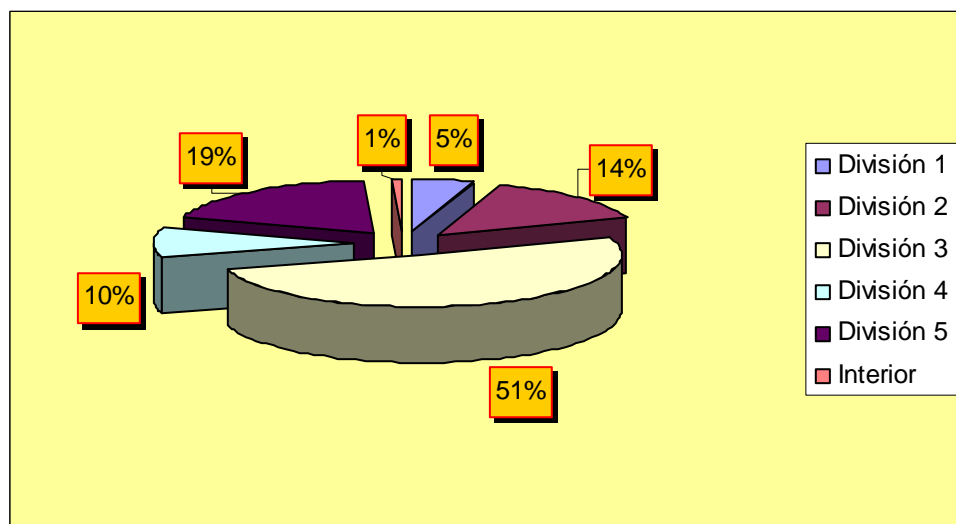


Figura 2-4 – Porcentaje de Clientes por División (2001 – 2006)
(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

2.4.1 El Abastecimiento y el Consumo del Agua

Hay 125 puntos de entrada (fuentes de abastecimiento) en el sistema de distribución. La producción de agua anual del sistema ha disminuido cada año a partir del año 2004 hasta 2006, principalmente debido a una disminución en las horas de operación de las bombas. Esta disminución ha sido necesaria debida a las tarifas prohibitivas de electricidad.

CAPÍTULO II

La figura 2-5 muestra el volumen total del agua producida por GWI durante el período 2004 – 2006.

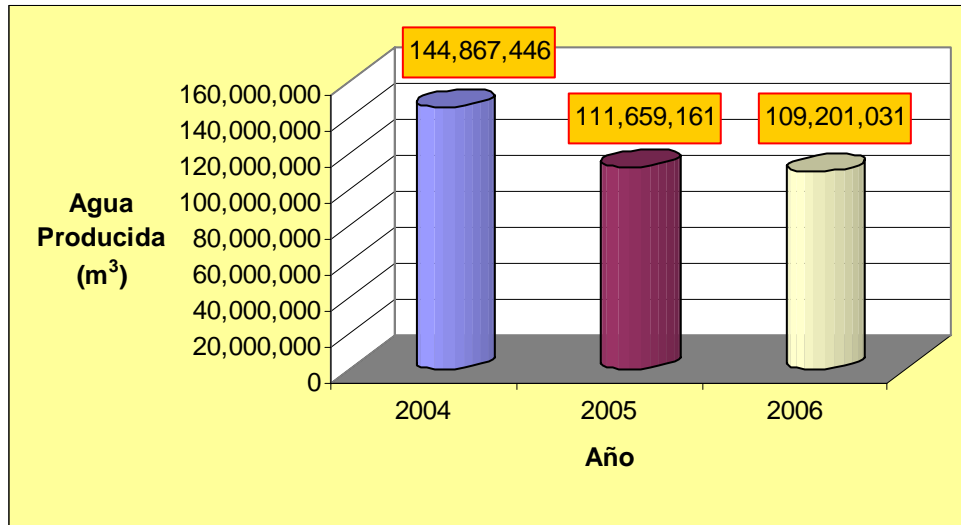


Figura 2-5 – Volumen Total de Agua Producida
(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

El consumo promedio, en el caso de los clientes domésticos que no cuentan con micromedidor, es de 187 l/p/d, mientras el consumo promedio de los que cuentan con micromedidor es alrededor de 95 l/p/d. GWI recomienda un consumo o dotación de referencia de 135 l/p/d para cualquier cálculo. Para clientes no domésticos que no cuentan con medidor, el consumo promedio anual por cliente es de 704 m³.

2.4.2 Micromedición

Los clientes se clasifican en aquellos que cuentan con medidor y aquellos que no cuentan con medidor. Actualmente, sólo el 28 % de todos los clientes cuentan con abastecimiento medido.

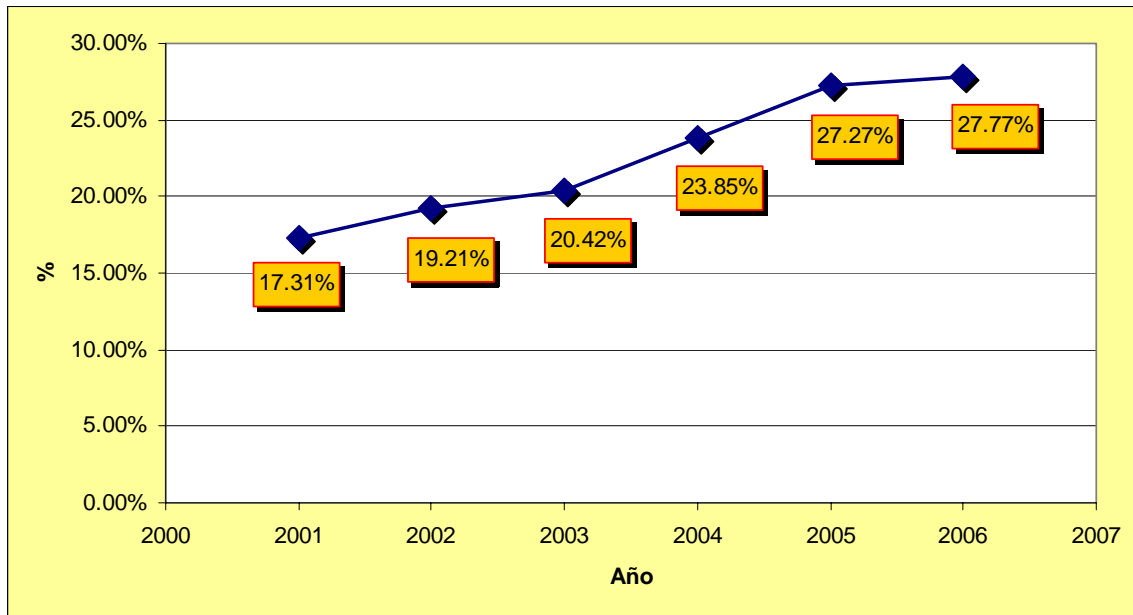


Figura 2-6 – Porcentaje de Clientes que Cuentan con Medidor
(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

CAPÍTULO II

En Georgetown (División 3), el 44 % de todos los clientes se benefician del abastecimiento medido, mientras esta figura es el 40 % en el caso de la División 4. La siguiente gráfica ilustra el porcentaje de clientes medidos por división, hasta diciembre del año 2006:

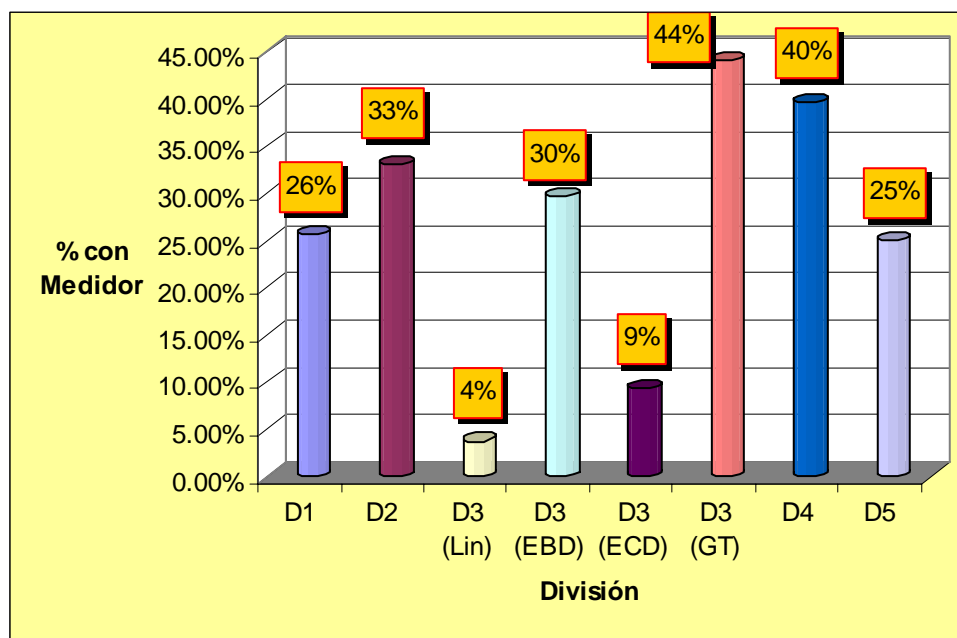


Figura 2-7 – Porcentaje de Clientes que Cuentan con Medidor
(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

2.4.3 Eficiencia

El nivel de eficiencia de operación de GWI es un problema muy grave. El organismo operador usa el "agua no contabilizada" como una medida del nivel de eficiencia en sus operaciones. El término, agua no contabilizada se define como el agua suministrada en el sistema de distribución del cual el organismo no obtiene ningún ingreso. Basta con decir que no hay ninguna indicación en cuanto a si el agua no contable del organismo operador es a consecuencia de pérdidas físicas en el sistema de distribución o de pérdidas comerciales.

La siguiente tabla ilustra el porcentaje de agua no contabilizada durante los años 2004 – 2006, medido contra los requisitos según la Licencia de Operación de GWI (GWI Licence Agreement)².

Tabla 2-2 – Agua no contabilizada

Año	Agua No Contabilizada	
	Actual	De acuerdo con la Licencia de Operación
2004	62.1%	50.2%
2005	56.8%	39.4%
2006	72.8%	32.2%

(Fuente: GWI)

² La Licencia de Operación es un contrato legal entre el Gobierno de Guyana y GWI, bajo el cual se especifican metas y objetivos estrictos para lograr una buena administración de las operaciones del organismo operador.

CAPÍTULO II

2.5 EVALUACIÓN DE LAS OPERACIONES COMERCIALES

El fundamento de la formación de GWI fue para asegurar la viabilidad financiera como un organismo operador de agua potable. El departamento comercial, por lo tanto, juega un papel muy importante en alcanzar este objetivo.

2.5.1 Padrón de Usuarios

A fin de racionalizar sus operaciones, GWI se comprometió a hacer un ejercicio de verificación del padrón de usuarios para quitarse cuentas inactivas y redundantes.

Los clientes son clasificados como sigue:

- (i) Doméstico
- (ii) Institucional
- (iii) Comercial
- (iv) Industrial

En cada una de las categorías ya mencionadas, hay una clasificación adicional entre los clientes que cuentan o no con medidor.

2.5.2 Tarifas

Las tablas siguientes presentan las tarifas del agua potable y alcantarillado para 2007:

Tabla 2-3 – Tarifas de Alcantarillado (2007)

	Clientes Domésticos	Clientes no domésticos que no cuentan con medidor	Clientes no domésticos que cuentan con medidor	
	<i>Cuota Fija Anual</i>	<i>Cuota Fija Anual</i>	<i>Cuota Fija Anual: Consumo < 70m³/mes</i>	<i>Cuota Fija Anual: Consumo > 70m³/mes</i>
G\$	5,000	26,400	25,200	37,800
US\$³	25	132	126	189

(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

³ 1US\$ = 200G\$ (Fuente: Banco de Guyana, 04 de Marzo de 2008)

CAPÍTULO II

Tabla 2-4 – Tarifas de Agua Potable (2007)

Categoría de Cliente	Doméstico Sin Medidor		Doméstico con Medidor				No Doméstico Sin Medidor		No Doméstico Con Medidor	
	Cuota Fija Anual		Cuota Fija Mensual: Consumo < 10m ³ /mes		Cuota Volumétrica Mensual (\$/m ³): Consumo > 10m ³ /mes		Cuota Fija Anual		Cuota Volumétrica Mensual (\$/m ³)	
	G\$	US\$	G\$	US\$	G\$	US\$	G\$	US\$	G\$	US\$
DOMÉSTICO										
Banda 1	11,800	59.00	630	3.15	63	0.32		-		-
Banda 3	18,400	92.00	940	4.70	94	0.47		-		-
Banda 5	21,100	105.50	1,120	5.60	112	0.56		-		-
COMERCIAL										
Pequeño		-	-	-	-	-	16,400	82.00	100.80	0.50
Mediano		-	-	-	-	-	39,500	197.50	100.80	0.50
Largo		-	-	-	-	-	131,600	658.00	100.80	0.50
INSTITUCIONAL										
Pequeño		-	-	-	-	-	16,400	82.00	100.80	0.50
Mediano		-	-	-	-	-	39,500	197.50	100.80	0.50
Largo		-	-	-	-	-	131,600	658.00	100.80	0.50
INDUSTRIAL										
Pequeño		-	-	-	-	-	32,900	164.50	100.80	0.50
Mediano		-	-	-	-	-	65,800	329.00	100.80	0.50
Largo		-	-	-	-	-	219,400	1,097.00	100.80	0.50

(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

2.6 EVALUACIÓN DE LA SITUACIÓN FINANCIERA

El estado financiero de GWI ha sido, y sigue siendo un área problemática, tanto para la gerencia como para el gobierno.

2.6.1 Gastos

La tabla 2-5 en la siguiente página muestra los gastos en 2002 – 2005.

Un desglose del gasto promedio durante los años mencionados se muestra en la siguiente gráfica:

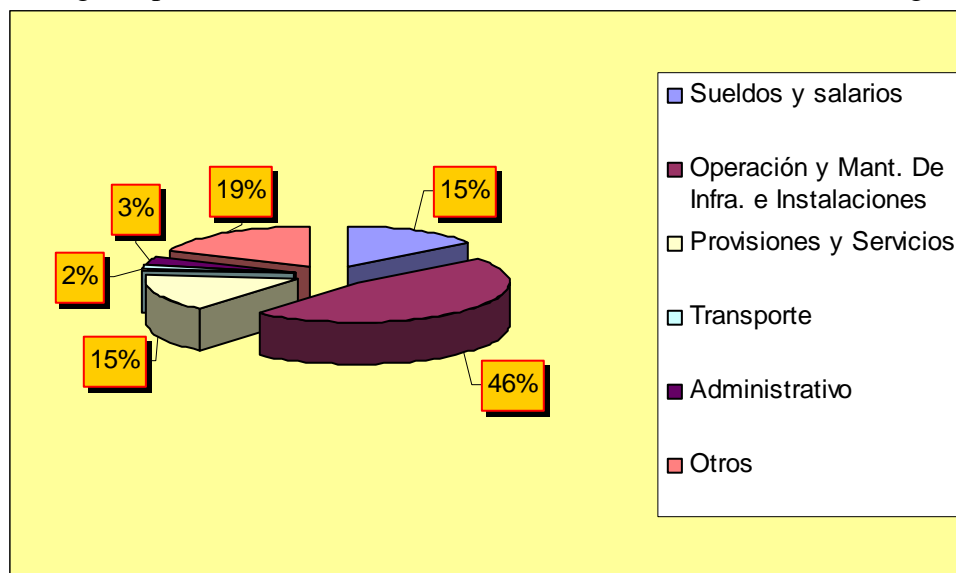


Figura 2-8 – Gasto Promedio (2002 - 2005)
 (Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

Como se puede observar, casi la mitad del gasto es en la operación y mantenimiento de infraestructura e instalaciones. Por otra parte, sólo el 2 % del gasto es en el transporte.

2.6.2 Ingresos

Los datos de los ingresos durante el mismo período no estuvieron disponibles. Sin embargo, la Tabla 2-6 en la siguiente página y la Figura 2-9 dan una idea con los ingresos durante 2002 y 2003.

CAPÍTULO II

Tabla 2-5 – Gastos (2002 - 2005)

Gastos	2002		2003		2004		2005	
	G\$	US\$	G\$	US\$	G\$	US\$	G\$	US\$
Sueldos y Salarios	260,996,111	1,304,981	426,549,869	2,132,749	472,398,618	2,361,993	521,392,230	2,606,961
Operación y Mantenimiento de Infraestructura e Instalaciones	677,753,580	3,388,768	1,371,908,741	6,859,544	1,504,994,805	7,524,974	1,726,898,211	8,634,491
Provisiones y Servicios	294,130,650	1,470,653	303,910,015	1,519,550	853,735,488	4,268,677	226,651,642	1,133,258
Transporte	39,759,523	198,798	57,984,639	289,923	70,184,621	350,923	73,489,120	367,446
Administrativos	177,006,401	885,032	62,135,586	310,678	71,571,010	357,855	55,153,504	275,768
Otros	267,249,862	1,336,249	1,011,499,785	5,057,499	595,555,447	2,977,777	249,432,548	1,247,163
Total	1,716,896,127	8,584,481	3,233,988,635	16,169,943	3,568,439,989	17,842,200	2,853,017,255	14,265,086

(Fuente: GWI)

Tabla 2-6 – Ingresos (2002 - 2003)

Ingresos (2002 - 2003)	2002		2003	
	G\$	US\$	G\$	US\$
Suministro del Agua Medida	-	-	827,145,425	4,135,727
Suministro del Agua No Medida	-	-	1,193,444,361	5,967,222
Alcantarillado	-	-	87,944,200	439,721
Sub-total (Tarifas)	943,571,921	4,717,860	2,108,533,986	10,542,670
Subvenciones Gubernamentales (Ingresos)	-	-	848,943,114	4,244,716
Subvenciones Gubernamentales (Capital)	-	-	173,849,956	869,250
Cuota (Nuevas Tomas)	-	-	14,345,199	71,726
Ingresos Diversos	-	-	26,934,782	134,674
Sub-total	476,726,239		1,064,073,051	5,320,365
Total	1,420,298,160		3,172,607,037	15,863,035

(Fuente: GWI)

CAPÍTULO II

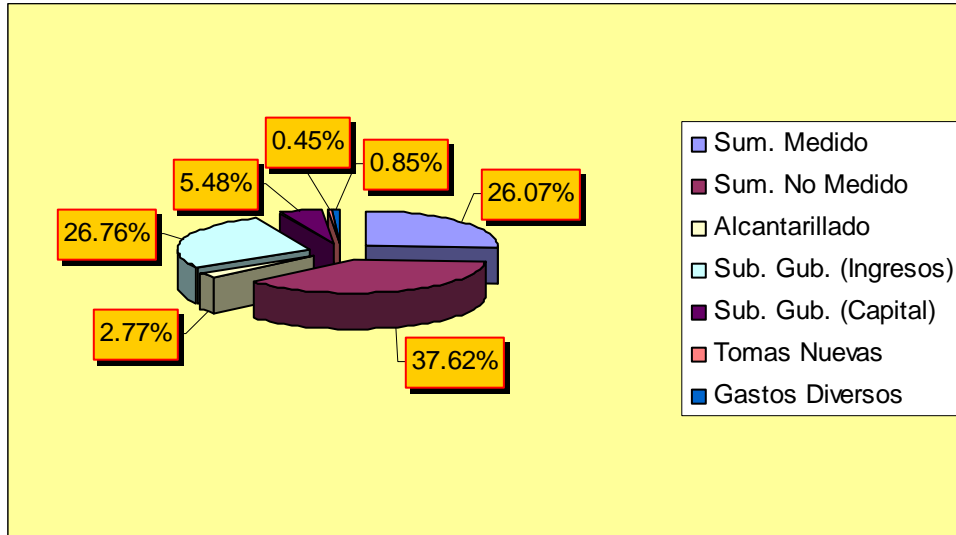


Figura 2-9 – Ingresos (2003)
 (Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

De la gráfica, se puede observar que el suministro del agua medido y no medido fueron responsables por la mayor parte de los ingresos cobrados, junto con las subvenciones (ingresos) del Gobierno de Guyana.

2.6.3 Balance

Debido a la carencia de datos suficientes, una comparación entre los ingresos y gastos sólo puede hacerse para los años 2002 y 2003 (ver Figura 2-10). De acuerdo con informes de GWI, este mismo comportamiento se presentó para el período 2004 – 2006.

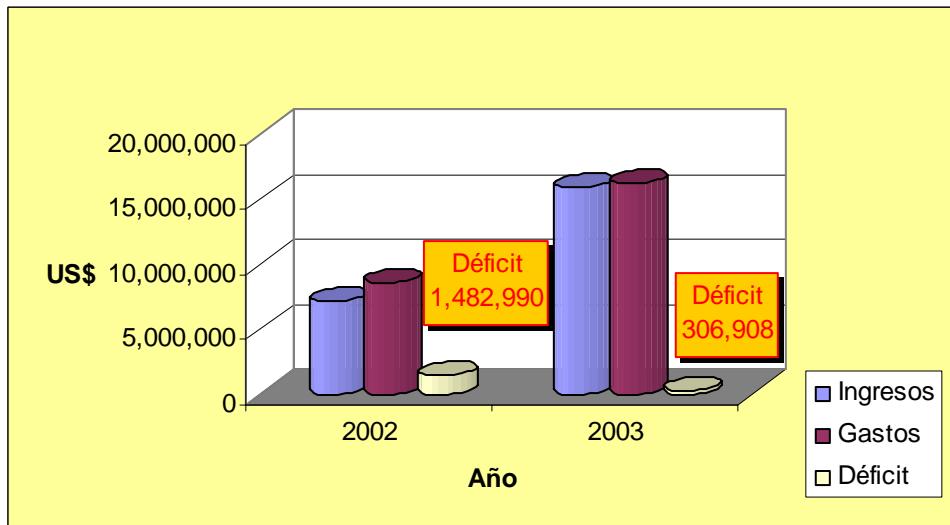


Figura 2-10 – Ingresos contra Gastos (2002 - 2003)
 (Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

CAPÍTULO II

2.7 CONCLUSIONES

De los datos presentados se obtienen las siguientes conclusiones:

- (i) La mitad de los clientes del GWI se ubica dentro de la División 3.
- (ii) El nivel actual de micromedición está en el 28%.
- (iii) Hay un nivel muy alto de agua no contabilizada (el 73 % en 2006).
- (iv) Hubo déficits confirmados del sistema en los años 2002 y 2003.

CAPÍTULO 3 – PROYECCIONES

3.1 INTRODUCCIÓN

El objetivo de este capítulo es proyectar el volumen total del agua que será distribuida y el gasto operativo total durante el período de estudio. Estas proyecciones sirven como base para calcular el Precio Unitario Medio (PUM) por m³ del agua.

3.2 HORIZONTE DE PLANEACIÓN

El horizonte de planeación para este estudio tarifaria es de 15 años (2010 – 2025). Se buscará y se esperará que la nueva estructura tarifaria sea implementada en Guyana en el año 2010.

3.3 PROYECCIONES DE POBLACIÓN

La población total proyectada de Guyana durante el horizonte de planeación fue obtenida de cálculos hechos por la Oficina de Estadística (*Bureau of Statistics*). Se presentan éstos en la siguiente figura:

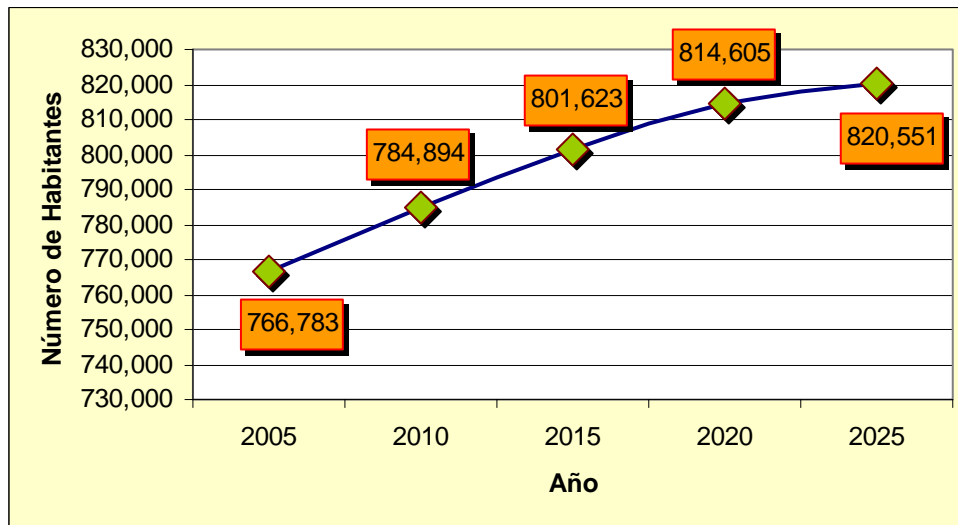


Figura 3-1 – Proyección de Población (2005 - 2025)
(Fuente: Beale, 2006)

CAPÍTULO III

3.4 PROYECCIÓN DE COBERTURA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

En la actualidad, aproximadamente el 77 % de los ciudadanos de Guyana cuentan con el servicio de agua potable. Se espera que para el año 2010, la cobertura haya aumentado al 90 %. Aunque este porcentaje pudiera parecer muy ambicioso, debido a los programas actuales de desarrollo, es muy alcanzable. GWI, por financiación de parte del Gobierno de Guyana y las instituciones financieras multinacionales (Banco Mundial, Banco Interamericano de Desarrollo, DFID, Unión Europea) está invirtiendo continuamente en nueva infraestructura para aumentar la cobertura nacional de agua potable.

Para el año 2015 hasta el año 2025, todos los ciudadanos en Guyana deberían contar con el servicio de agua potable. Esto significará que Guyana habría logrado exitosamente la Meta 14 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (*reducir a la mitad para el año 2015 el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y al saneamiento básico*).⁴

3.5 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA Y EL CONSUMO DE AGUA

3.5.1 Número de Tomas Proyectadas

El cálculo del número de tomas domésticas se hizo con el siguiente modelo:

$$T_D = \frac{P_T \times C_{\%}}{I_H}, \text{ donde:}$$

T_D = Número de Tomas Domésticas

P_T = Población Total

$C_{\%}$ = Porcentaje de Cobertura del Servicio de Agua Potable

I_H = Índice de Hacinamiento

Usando un promedio de tomas domésticas del 85% y tomas no domésticas del 15% (*tomas comerciales – 8%, institucionales – 2% y industriales – 5%*), se proyectó el número total efectivo de tomas. Los clientes del interior del país representan 0.99% del número de tomas totales. No fueron tomados en cuenta estas tomas porque son un caso especial⁵.

El siguiente cuadro ilustra el número total de tomas proyectado para el período 2010 – 2025. El índice de hacinamiento fue obtenido del Informe del Censo 2002 de la Oficina de Estadística.

⁴Meta 14 de los Objetivos de Desarrollo del Milenio. Fuente:
http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/goal_7.html

⁵No está claro si estos clientes cuentan con un servicio de agua potable regular o si tienen arreglos especiales. Además, hay un gran incertidumbre en cuanto a si pagan tarifas por el agua ahora o, si las pagarán en el futuro cercano. Basta decir que si es el caso, el modelo se ajustará en consecuencia.

CAPÍTULO III

Tabla 3-1 – Número Total Proyectado de Tomas (2010 - 2025)

Año	Población	Índice de Hacinamiento	% Cobertura	Número de Tomas Domésticas	Número de Tomas No Domésticas	Número Total de Tomas	Restar Número de Tomas del Interior	Número Total Efectivo de Tomas
2010	784,894	4.1	90.00%	172,294	30,405	202,699	-2,008	200,691
2015	801,623	4.1	100.00%	195,518	34,503	230,021	-2,279	227,742
2020	814,605	4.1	100.00%	198,684	35,062	233,746	-2,315	231,431
2025	820,551	4.1	100.00%	200,134	35,318	235,452	-2,332	233,120

(Fuente: Elaboración propia)

3.5.2 Clasificación de los Clientes

Es importante mencionar que hay una carencia de datos confiables del organismo operador sobre el patrón de usuarios. Sin embargo, por análisis y deducción lógica y con la ayuda de personal de GWI, se obtuvieron estimaciones realistas, con las cuales, fue posible hacer proyecciones razonables.

La siguiente tabla ilustra el número proyectado de clientes por categoría para el período 2010 – 2025.

Tabla 3-2 – Clasificación de los Clientes (Proyectada: 2010 - 2025)

Categoría de Cliente	2010	2015	2020	2025
Doméstico				
Banda 1	136,470	154,865	157,373	158,522
Banda 3	25,588	29,037	29,507	29,723
Banda 5	8,529	9,679	9,836	9,908
Total	170,587	193,581	196,716	198,152
Comercial				
Pequeño	13,647	15,486	15,737	15,852
Mediano	1,445	1,640	1,666	1,678
Grande	963	1,093	1,111	1,119
Total	16,055	18,219	18,514	18,650
Institucional				
Pequeño	3,813	4,327	4,397	4,429
Mediano	120	137	139	140
Grande	80	91	93	93
Total	4,014	4,555	4,629	4,662
Industrial				
Pequeño	9,734	11,046	11,224	11,306
Mediano	201	228	231	233
Grande	100	114	116	117
Total	10,035	11,387	11,572	11,656
TOTAL	200,691	227,742	231,431	233,120

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO III

3.5.3 Proyección de la Demanda

3.5.3.1 Demanda Doméstica

Basado en la demanda doméstica promedio de 135 litros por habitante por día e informes del patrón del consumo de GWI, se estima que el 99% de los clientes domésticos tiene un consumo máximo de 20m³. Además, se estima que el 7 % de clientes cae dentro del rango de consumo de 0 – 6 m³ al mes, el 8 % dentro de 6 – 12m³ por mes, el 84 % dentro de 12 – 20m³ por mes y el 1% con un consumo mensual mayor de 20m³.

3.5.3.2 Demanda No Doméstica

Informes sobre el patrón de consumo relacionan la demanda no doméstica por cliente entre 509m³ y 899m³ anual, con un promedio de 704m³ (GWI: *Leakage Strategy Report, 2004*). En consecuencia, la demanda no doméstica fue agrupada en varios rangos entre 40m³ y 70m³ al mes. A continuación se presenta la distribución de los clientes dentro de cada rango de consumo:

Tabla 3-3 – Distribución de los Clientes dentro de cada Rango de Consumo

Rango de Consumo (m ³ /mes)	Distribución de los Clientes		
	Comercial	Institucional	Industrial
<40	5%	10%	3%
40 - 50	28%	40%	17%
50 - 60	40%	30%	45%
60 - 70	20%	17%	20%
>70	7%	3%	15%

(Fuente: Elaboración propia)

3.5.3.3 Demanda Proyectada

A fin de calcular la demanda proyectada, se multiplicó el número de clientes dentro de cada rango de consumo por la moda aritmética del consumo correspondiente. A continuación se presenta las modas aritméticas del consumo empleadas en el cálculo de la demanda proyectada:

Tabla 3-4 – Moda del Consumo

Moda Aritmética del Consumo (m ³ /mes)					
Cliente	0 - 6	6 - 12	12 - 20	>20	
Doméstico	5	10	16	21	
Moda Aritmética del Consumo (m ³ /mes)					
Cliente	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70
Institucional	35	42	51	63	72
Comercial	38	45	55	67	74
Industrial	39	47	58	69	75

(Fuente: Elaboración propia)

De lo mencionado, la siguiente tabla ilustra la demanda proyectada o el consumo esperado durante el período de estudio para el diseño de tarifas de agua potable y saneamiento.

CAPÍTULO III

Tabla 3-5 – Demanda Proyectada/Consumo Esperado (2010 – 2025)

Año	Categoría de Cliente									Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)
	Doméstico				No Doméstico						
	Demanda/Consumo Proyectada (m ³ /mes)										
	0 - 6	6 - 12	12 - 20	>20	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70		
2010	1,011,582	924,582	586,820	1,706	56,294	1,389,483	155,937	70,081	12,262	4,208,746	50,504,957
2015	1,147,936	1,049,210	665,919	1,936	63,882	1,576,775	176,956	79,528	13,915	4,776,056	57,312,672
2020	1,166,526	1,066,201	676,703	1,967	64,916	1,602,310	179,822	80,816	14,140	4,853,403	58,240,830
2025	1,175,041	1,073,984	681,643	1,982	65,390	1,614,006	181,134	81,405	14,244	4,888,829	58,665,944

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO III

3.6 EFICIENCIA

Para el año 2010, se espera que la eficiencia global de las operaciones de GWI haya sido aumentada del 27.2% al 50% (*aumento de la eficiencia física del 38.3% al 56% y de la comercial del 71% al 90%*). Es un aumento muy ambicioso pero es alcanzable debido a la financiación de varios programas de mejora de parte del Gobierno de Guyana y las instituciones financieras multinacionales.

Tal programas incluyen programas de mantenimiento preventivo, correctivo y la rehabilitación de la red de abastecimiento; programas para la recuperación de rezagos y campañas publicitarias de difusión de la cultura de pago del agua, así como también la suspensión del suministro de agua potable.

Las metas de eficiencias física y comercial se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 3-6 – Metas de Eficiencias Física y Comercial (2010 - 2015)

Año	Eficiencia Física Proyectada (%)	Eficiencia Comercial Proyectada (%)	Eficiencia Global Proyectada (%)
2010	56.00%	90.00%	50.40%
2015	62.00%	93.00%	57.66%
2020	68.00%	98.00%	66.64%
2025	70.00%	100.00%	70.00%

(Fuente: GWI)

3.7 PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE EXTRACCIÓN (PRODUCCIÓN) DE AGUA

El volumen total del agua a extraer se calcula dividiendo la demanda proyectada/consumo esperado a futuro entre la meta de eficiencia global. Es decir, se divide el volumen a extraer entre el producto de las metas establecidas de eficiencia física y comercial.

A continuación se presentan las proyecciones del volumen de extracción/producción de agua:

Tabla 3-7 – Proyección del Volumen de Extracción/Producción de Agua Anual (2010 - 2025)

Año	Proyección del Volumen Demando/Consumo Esperado (m ³)	Eficiencia Global (%)	Proyección del Volumen de Extracción/Producción (m ³)
2010	50,504,957	50.40%	100,208,247
2015	57,312,672	57.66%	99,397,627
2020	58,240,830	66.64%	87,396,204
2025	58,665,944	70.00%	83,808,492

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO III

3.8 PROYECCIÓN DEL VOLUMEN DE AGUA ESPERADO A FACTURAR

El volumen total del agua esperado a facturar se calcula dividiendo la demanda proyectada/consumo esperado a futuro entre la meta establecida de eficiencia comercial. Otra manera de calcular el mismo es multiplicar el volumen de extracción/producción anteriormente calculado por la meta establecida de eficiencia física.

A continuación se presentan las proyecciones del volumen del agua esperado a facturar:

Tabla 3-8 – Proyección del Volumen de Agua Esperado a Facturar (2010 - 2025)

Año	Proyección del Volumen Demandado/Consumo Esperado (m ³)	Eficiencia Comercial (%)	Proyección del Volumen Esperado a Facturar (m ³)
2010	50,504,957	90.00%	56,116,619
2015	57,312,672	93.00%	61,626,529
2020	58,240,830	98.00%	59,429,418
2025	58,665,944	100.00%	58,665,944

(Fuente: Elaboración propia)

3.9 MEDICIÓN DOMICILIARIA

Para el año 2010, se espera que la cobertura de medición doméstica aumente del 28% al 81% de todos los clientes. En la Tabla 3-9, se ilustra la inversión necesaria para lograr este objetivo.

3.10 PLAN DE INVERSIONES

Si bien es cierto que una vez creado GWI hubo inversiones masivas de agencias financieras externas y del Gobierno de Guyana para mejorar el organismo operador, tanto en la capacidad de producción como del sistema de distribución, es necesario seguir realizando estos esfuerzos para llegar a transformar el organismo en una entidad moderna, eficaz y eficiente.

La siguiente tabla ilustra un resumen de las inversiones necesarias para modernizar el organismo operador. La fuente de los fondos requeridos puede ser uno de los bancos comerciales locales, usando una tasa de interés normal que es actualmente del orden de 17 a 19%.

CAPÍTULO III

Tabla 3-9 – Inversiones Necesarias

Inversión	Monto (G\$)	Monto (US\$)
Macro-mediación	250,000,000	1,250,000
Micro-mediación	1,100,000,000	5,500,000
Expansión del Servicio		
Red de Distribución	300,000,000	1,500,000
Alcantarillado	900,000,000	4,500,000
Saneamiento	3,150,000,000	15,750,000
Plan de Modernización	400,000,000	2,000,000
Total	6,100,000,000	28,500,000

(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

3.11 PROYECCIÓN DE LOS COSTOS TOTALES

A fin de proyectar el gasto total para el año 2010, se calculó el costo unitario medio con sólo datos para dos años (2004 y 2005). No obstante, se observó que el costo unitario medio se mantuvo constante durante estos dos años. Por lo tanto, a falta de mejores y más completos datos se asumió que esa tendencia seguirá hasta 2010. Se ilustra el costo unitario medio en la siguiente tabla:

Tabla 3-10 – Cálculo del Costo Unitario Medio

	Año	
	2004	2005
Gastos Totales (G\$)	3,568,439,989	2,853,017,255
Volumen de Agua Producida (m ³)	144,867,446	111,659,161
Costo Unitario (G\$/m ³)	24.63	25.55
Costo Unitario Medio (G\$/m³)	25.09	
US\$/m³	0.13	

(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por GWI)

Entonces, el gasto total proyectado para 2010 se calculó usando la siguiente fórmula:

$$G_P = V_D \times C_{UM}$$

Donde:

G_P	=	Gastos Totales Proyectados
V_D	=	Volumen Demandado
C_{UM}	=	Costo Unitario Medio

Usando el desglose histórico de los gastos de operación durante los años 2002 – 2005, la siguiente tabla ilustra el desglose de los gastos de operación proyectados para el año 2010.

CAPÍTULO III

Tabla 3-11 – Desglose de los Gastos de Operación Anuales Proyectados (2010)

Gasto	% del Gasto Total	Monto (G\$)	Monto (US\$)
Sueldos y Salarios	15%	\$211,209,939	\$1,056,050
Operación y Mantenimiento de Infraestructura e Instalaciones	46%	\$647,710,480	\$3,238,552
Provisiones y Servicios	15%	\$211,209,939	\$1,056,050
Transporte	2%	\$28,161,325	\$140,807
Administrativos	3%	\$42,241,988	\$211,210
Otros	19%	\$267,532,590	\$1,337,663
Total	100%	\$1,408,066,261	\$7,040,331

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO 4 - MODELOS ALTERNATIVOS Y SUS RESULTADOS

Los modelos alternativos considerados y sus resultados se presentan en este capítulo.

4.1 DETERMINACIÓN DE LOS INGRESOS REQUERIDOS A FUTURO

Los fondos requeridos para inversiones futuras serán recuperados en la estructura tarifaria.

Se considerarán una tasa de interés del 17% y un plan de amortización de 15 años, de acuerdo con las normas locales⁶. Asumiendo que es interés compuesto capitalizable mensualmente, la tasa efectiva anual sería el 18.389 %⁷.

A fin de calcular las anualidades, se emplea la siguiente fórmula:

$$A = P \left[\frac{r(1+r)^n}{(1+r)^n - 1} \right]$$

Donde:

A	=	Anualidad
P	=	Monto Prestado
r	=	Tasa de Interés Efectiva
n	=	Período de Pago en años

El cálculo se resultó en un pago anual de deuda de **G\$ \$1,218,608,448 (US\$ \$6,093,042)**.

A fin de calcular los ingresos requeridos a futuros, se clasificaron los gastos proyectados en dos partes, una parte fija y otra parte variable, usando como referencia, un modelo desarrollado en 2007 para el *Wambo Shire Council* en Australia por el consultor, *Lawrence Consulting*. Además, cada año el organismo operador generará una utilidad del 5% con el propósito de obtener fondos para financiar proyectos en el futuro, así el organismo operador puede reducir su dependencia económica de fuentes externas.

Por tanto, los ingresos requeridos para el año 2010 se resumen en la siguiente tabla:

⁶ Estrategia Nacional de Desarrollo

⁷ Se calcula la tasa efectiva anual empleando la siguiente fórmula: $r = \left(1 + \frac{i}{m} \right)^m - 1$ donde, r = tasa de interés efectiva anual, i = tasa de interés nominal, m = número de periodos de pago dentro de un año

CAPÍTULO IV

Tabla 4-1 – Ingresos Requeridos (2010)

Gasto	% del Gasto Total	Monto (G\$)	Monto (US\$)	Fijo			Variable		
				%	Monto (G\$)	Monto (US\$)	%	Monto (G\$)	Monto (US\$)
Sueldos y Salarios	8.0%	\$211,209,939	\$1,056,050	85.0%	\$179,528,448	\$897,642	15.0%	\$31,681,491	\$158,407
Operación y Mantenimiento de Infraestructura e Instalaciones	24.7%	\$647,710,480	\$3,238,552	90.0%	\$582,939,432	\$2,914,697	10.0%	\$64,771,048	\$323,855
Provisiones y Servicios	8.0%	\$211,209,939	\$1,056,050	10.0%	\$21,120,994	\$105,605	90.0%	\$190,088,945	\$950,445
Transporte	1.1%	\$28,161,325	\$140,807	90.0%	\$25,345,193	\$126,726	10.0%	\$2,816,133	\$14,081
Administrativo	1.6%	\$42,241,988	\$211,210	90.0%	\$38,017,789	\$190,089	10.0%	\$4,224,199	\$21,121
Otros	10.2%	\$267,532,590	\$1,337,663	5.0%	\$13,376,629	\$66,883	95.0%	\$254,155,960	\$1,270,780
Pago de Deuda	46.4%	\$1,218,608,448	\$6,093,042	35.0%	\$426,512,957	\$2,132,565	65.0%	\$792,095,491	\$3,960,477
Total	100%	\$2,626,674,709	\$13,133,374	TOTAL	\$1,286,841,442	\$6,434,207	TOTAL	\$1,339,833,267	\$6,699,166
Más el 5% Utilidad	105%	\$2,758,008,444	\$13,790,042	Más el 5%	\$1,351,183,514	\$6,755,918	Más el 5%	\$1,406,824,930	\$7,034,125

(Fuente: Elaboración propia)

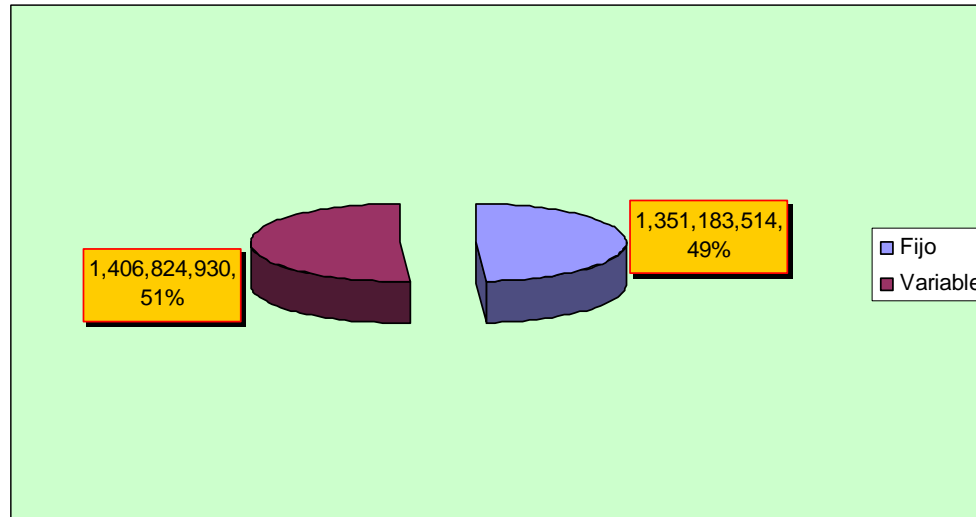


Figura 4-1 – Ingresos Requeridos (2010)
(Fuente: Elaboración propia)

4.2 DETERMINACIÓN DEL PRECIO UNITARIO MEDIO

El precio unitario medio (PUM) es el precio por unidad de volumen de agua potable expresado como $\$/m^3$ y se calcula dividiendo los ingresos requeridos a futuro entre el volumen de agua esperado a facturar. Resultó en un precio unitario medio de **G\$ 49.15/m³ (US\$ 0.25/m³)**, *en comparación del costo unitario medio calculado en el Capítulo 3 como G\$ 25.09/m³ (US\$ 0.13/m³)* (ver la Tabla 3-10). Sin embargo, para los motivos de esta investigación se desglosa el PUM en dos partes:

- (i) El Precio Fijo Medio
- (ii) El Precio Variable Medio

4.2.1 Precio Fijo Medio

El precio fijo medio (PFM) se define como el precio fijo por cliente, expresado como $\$/cliente$. Se calcula el PFM dividiendo el ingreso fijo total requerido entre el número total de clientes. Resultó en un precio fijo medio anual por cliente de **G\$ 6,412 (US\$ 32)**.

4.2.2 Precio Variable Medio

El precio variable medio (PVM) es el precio variable por unidad de volumen de agua potable expresado como $\$/m^3$. Se calcula el PVM dividiendo el ingreso variable total requerido entre el volumen de agua esperado a facturar. Resultó en un precio variable medio de **G\$ 23.88 (US\$ 0.12)** por m^3 de agua.

Sin embargo, como estos precios (PFM y PVM) no toman en cuenta los distintos usuarios y usos del agua; la voluntad/habilidad de los usuarios de pagar por el agua; el uso eficiente del agua; ni la eficiencia financiera del organismo operador, es necesario diseñar una estructura tarifaria que considere estos elementos.

4.3 MODELOS ALTERNATIVOS Y SUS RESULTADOS

Se desarrollaron las estructuras tarifarias alternativas usando modelos de optimización. En los modelos de cargo fijo, cada usuario paga un cargo fijo anual, independiente de la cantidad del agua consumida. Puede ser considerado como un precio fijo que permite que los clientes tengan acceso al servicio de abastecimiento de agua potable.

Al contrario, en los modelos de cuota variable cada usuario paga una cuota volumétrica correspondiente al volumen del agua consumida.

CAPÍTULO IV

Se aplicó el software QM para Windows³ para resolver cada modelo.

4.3.1 Modelos de Cargo Fijo

Los modelos de cargo fijo tienen como propósito recuperar el monto de **G\$ 1,351,183,514 (US\$ 6,755,918)** que representa el ingreso fijo requerido (ver la tabla 4-1). Se desarrollaron dos modelos alternativos que se presentan a continuación:

4.3.1.1 Cargo Fijo Uniforme

En este modelo cada cliente pagará el mismo precio para tener acceso al servicio de abastecimiento de agua potable. El precio fijo medio antes mencionado se usará como el cargo fijo uniforme para todos los usuarios. Por lo tanto, en esta alternativa, se requerirá que cada cliente pague un cargo fijo de **G\$ 6,412 (US\$ 32) anualmente, o G\$ 543.33 (US\$ 2.67) mensualmente.**

4.3.1.2 Cargo Fijo Variable

En este modelo el precio de acceso al servicio de abastecimiento de agua potable variará con la categoría de usuario. Cada tipo de usuario (es decir, doméstico, institucional, comercial e industrial) se clasifica en tres categorías:

- (i) Pequeño
- (ii) Mediano
- (iii) Grande

Con lo anterior, a continuación se plantea la función objetivo sujeta a las restricciones correspondientes.

Función Objetivo

$$\text{MAX } I = \sum A_i W_i + \sum B_j X_j + \sum C_k Y_k + \sum D_l Z_l$$

Restricciones

Sujeto a:

Restricción	Diferenciación
$\sum A_i W_i + \sum B_j X_j + \sum C_k Y_k + \sum D_l Z_l = IFR$	La suma del producto del número de clientes y su correspondiente cargo fijo debe de ser igual al ingreso fijo requerido.
$W_1 \leq X_1; W_2 \leq Y_2; W_2 \leq Z_2; Y_1 \leq Z_1;$	El cargo fijo para los clientes domésticos debe de ser menor que el cargo fijo para los clientes institucionales; asimismo para los clientes institucionales, comerciales e industriales.
$0.9W_{i+1} \geq W_i; 0.9X_{j+1} \geq X_j; 0.9Y_{k+1} \geq Y_k;$	Para cada tipo de usuario, el cargo fijo de los clientes medianos debe exceder el cargo fijo

³ QM para Windows es un Software para resolver problemas de Métodos Cuantitativos, Administración e Investigación de Operaciones, escrito por Howard J. Weiss (2005), publicado por Prentice Hall Publishers y disponible en <http://www.prenhall.com/weiss>.

CAPÍTULO IV

Restricción	Diferenciación
$0.9Z_{l+1} \geq Z_l$;	de los clientes pequeños por <u>al menos</u> 10%; asimismo para los clientes grandes.
$W_1 \leq 0.25PFM$; $X_1 \geq PFM$; $Y_k \geq 1.25PFM$; $Z_l \geq 1.25PFM$;	Un método de subsidios cruzados donde los usuarios domésticos pagan el menor cargo fijo (<u>no más</u> del 25% del PJM) con los clientes comerciales e industriales pagando <u>al menos</u> 125% del PFM.
$X_1 \geq 1.5W_3$; $Y_1 \geq 1.5X_3$; $Z_1 \geq 1.5Y_3$.	El cargo fijo de los pequeños clientes institucionales debe de ser <u>al menos</u> 1.5 veces mayor que el cargo fijo de los grandes clientes domésticos, asimismo para los clientes comerciales e industriales.

Donde:

A, B, C, D = Número total de clientes domésticos, institucionales, comerciales e industriales respectivamente

i, j, k, l = Tipo de cliente doméstico, institucional, comercial e industrial respectivamente (es decir, pequeño, mediano y grande)

W, X, Y, Z = Cargo fijo para los clientes domésticos, institucionales, comerciales e industriales respectivamente

I = Ingreso

IFR = Ingreso Fijo Requerido

PFM = Precio Fijo Medio

Estas restricciones tienen como propósito una diferenciación adecuada del cargo fijo, tanto entre los distintos tipos de usuarios como para ellos dentro de la misma categoría. Entonces, los clientes institucionales proporcionan un subsidio a los clientes domésticos; asimismo para los clientes comerciales e industriales. Además, entre clientes dentro de la misma categoría, los medianos proporcionan un subsidio a los pequeños; igual para los grandes a los medianos. De esta manera el propósito es tener equidad en la estructura tarifaria (es decir, los clientes comerciales e industriales, los cuales usan el agua como un insumo en la producción, pagan una tarifa mayor que los demás. El organismo operador también logrará la autosuficiencia financiera porque se recuperará el total del ingreso fijo requerido.

4.3.1.2.1 Resultados

A continuación se presenta la solución óptima del modelo:

CAPÍTULO IV

Tabla 4-2 – Estructura Tarifaria – Cargo Fijo Variable

Cliente		Estructura tarifaria		Comparación entre tarifas (leer de izquierda a derecha, por ejemplo, la tarifa W ₂ es 5.33 veces mayor que W ₁)											
		Cargo Fijo Anual (G\$)	Cargo Fijo Anual US\$	Doméstico			Institucional			Comercial			Industrial		
				W ₁	W ₂	W ₃	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
Dom	W ₁ (pequeño)	1,603.00	8.02	1.00	0.19	0.17	0.11	0.10	0.09	0.06	0.055	0.049	0.033	0.030	0.027
	W ₂ (mediano)	8,542.09	42.71	5.33	1.00	0.90	0.60	0.54	0.49	0.32	0.29	0.26	0.17	0.16	0.14
	W ₃ (grande)	9,491.21	47.46	5.92	1.11	1.00	0.67	0.60	0.54	0.36	0.32	0.29	0.19	0.17	0.16
Inst	X ₁ (pequeño)	14,236.82	71.18	8.88	1.67	1.50	1.00	0.90	0.81	0.54	0.49	0.44	0.29	0.26	0.24
	X ₂ (mediano)	15,818.69	79.09	9.87	1.85	1.67	1.11	1.00	0.90	0.60	0.54	0.49	0.32	0.29	0.26
	X ₃ (grande)	17,576.32	87.88	10.96	2.06	1.85	1.23	1.11	1.00	0.67	0.60	0.54	0.36	0.32	0.29
Com	Y ₁ (pequeño)	26,364.48	131.82	16.45	3.09	2.78	1.85	1.67	1.50	1.00	0.90	0.81	0.54	0.49	0.44
	Y ₂ (mediano)	29,293.87	146.47	18.27	3.43	3.09	2.06	1.85	1.67	1.11	1.00	0.90	0.60	0.54	0.49
	Y ₃ (grande)	32,548.74	162.74	20.30	3.81	3.43	2.29	2.06	1.85	1.23	1.11	1.00	0.67	0.60	0.54
Ind	Z ₁ (pequeño)	48,823.12	244.12	30.46	5.72	5.14	3.43	3.09	2.78	1.85	1.67	1.50	1.00	0.90	0.81
	Z ₂ (mediano)	54,247.91	271.24	33.84	6.35	5.72	3.81	3.43	3.09	2.06	1.85	1.67	1.11	1.00	0.90
	Z ₃ (grande)	60,275.46	301.38	37.60	7.06	6.35	4.23	3.81	3.43	2.29	2.06	1.85	1.23	1.11	1.00

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV

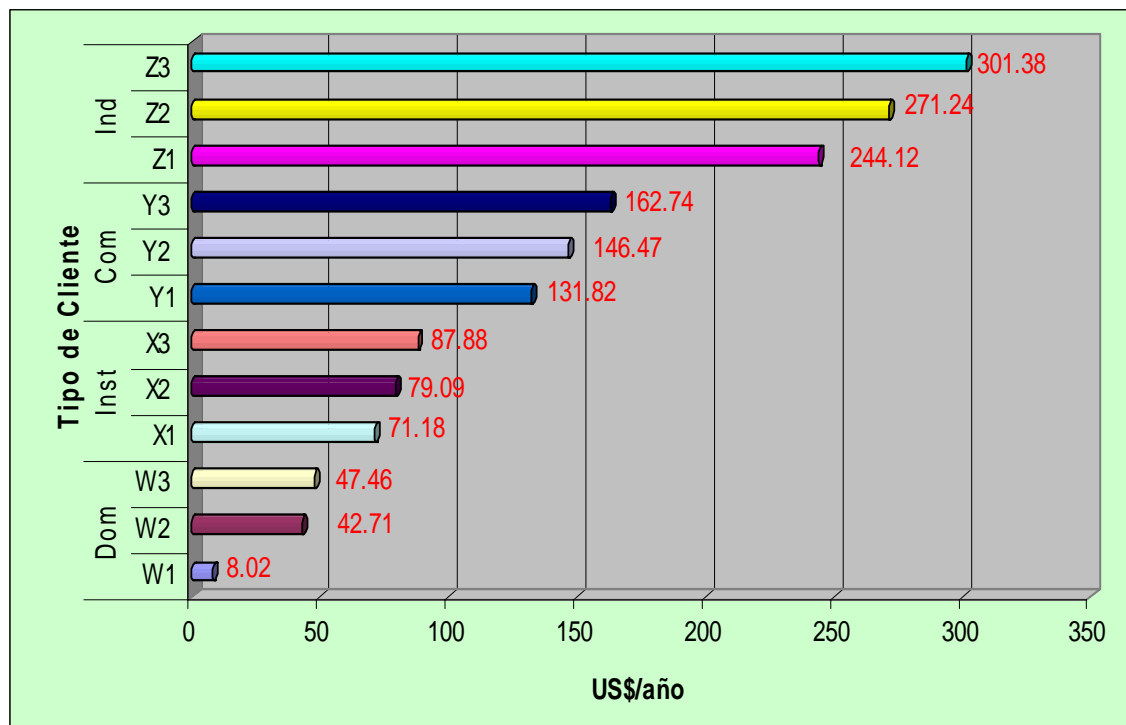


Figura 4-2 – Estructura Tarifaria – Cargo Fijo Variable
(Fuente: Elaboración propia)

4.3.2 Modelos de Cuota Volumétrica

Los modelos de cuota volumétrica tienen como propósito recuperar el monto de **G\$ 1,406,824,930 (US\$ 7,034,125)** que representa el ingreso variable requerido (ver la tabla 4-1). Se desarrollaron cuatro de estos modelos de cuota volumétrica:

- (i) Precio Unitario Variable (PUV)
- (ii) Tarifa en bloques crecientes (TBC)
- (iii) Tarifa en bloques decrecientes (TBD)
- (iv) Tarifa en bloques crecientes/decrecientes (TBC/D)

4.3.2.1 Precio Unitario Variable

En este modelo la cuota volumétrica variará con la categoría de usuario pero un usuario dentro de una categoría en particular pagará un precio unitario por m^3 de agua consumida, independiente de la cantidad. Cada tipo de usuario se clasifica en tres categorías:

- (i) Pequeño
- (ii) Mediano
- (iii) Grande

Se ilustran la función objetivo con las restricciones a continuación:

CAPÍTULO IV

Función Objetivo

$$\text{MAX } I = \sum A_i W_i + \sum B_j X_j + \sum C_k Y_k + \sum D_l Z_l$$

Restricciones

Sujeto a:

Restricción	Diferenciación
$\sum A_i W_i + \sum B_j X_j + \sum C_k Y_k + \sum D_l Z_l = IVR$	La suma del producto del volumen total de agua consumida por los clientes y su correspondiente cuota volumétrica debe de ser igual al ingreso variable requerido.
$W_1 \leq X_1; W_2 \leq Y_2; W_2 \leq Z_2; Y_1 \leq Z_1;$	La cuota volumétrica para los clientes domésticos debe de ser menor que la cuota volumétrica para los clientes institucionales; asimismo para los clientes institucionales, comerciales e industriales.
$0.9W_{i+1} \geq W_i; 0.9X_{j+1} \geq X_j; 0.9Y_{k+1} \geq Y_k ;$ $0.9Z_{l+1} \geq Z_l;$	Para cada tipo de usuario, la cuota volumétrica de los clientes medianos debe exceder la cuota volumétrica de los clientes pequeños por <u>al menos</u> 10%; asimismo para los clientes grandes.
$W_1 \leq 0.25PVM ; X_1 \geq PVM ; Y_k \geq 1.25PVM ;$ $Z_l \geq 1.25PVM ;$	Un método de subsidios cruzados donde los usuarios domésticos pagan la menor cuota volumétrica (<u>no más</u> del 25% del PVM) con los clientes comerciales e industriales pagando <u>al menos</u> 125% del PVM.
$X_1 \geq 1.5W_3; Y_1 \geq 1.5X_3; Z_1 \geq 1.5Y_3.$	La cuota volumétrica de los pequeños clientes institucionales debe de ser <u>al menos</u> 1.5 veces mayor que la cuota volumétrica de los grandes clientes domésticos, asimismo para los clientes comerciales e industriales

Donde:

A, B, C, D = Volumen total de agua consumida por los clientes domésticos, institucionales, comerciales e industriales respectivamente

i, j, k, l = Tipo de cliente doméstico, institucional, comercial e industrial respectivamente (es decir, pequeño, mediano y grande)

W, X, Y, Z = Cuota volumétrica para los clientes domésticos, institucionales, comerciales e industriales respectivamente

I = Ingreso

IVR = Ingreso Variable Requerido

PVM = Precio Variable Medio

CAPÍTULO IV

Tanto en el modelo anterior como en éste, el propósito es tener equidad en la estructura tarifaria, proporcionando subsidios cruzados entre los distintos usuarios y logrando la autosuficiencia financiera del organismo operador.

4.3.2.1.1 Resultados

A continuación se presenta la solución óptima del modelo:

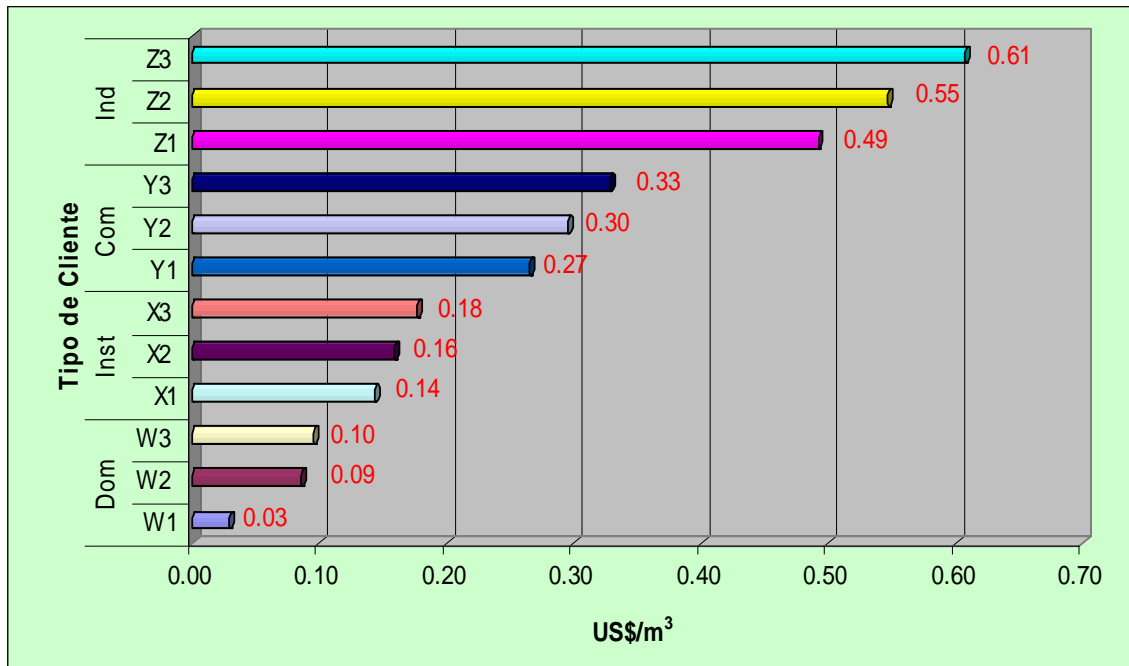


Figura 4-3 – Estructura Tarifaria – Precio Unitario Variable
(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV

Tabla 4-3 – Estructura Tarifaria – Precio Unitario Variable

Cliente		Estructura tarifaria		Comparación entre tarifas											
		Cuota Volumétrica (G\$/m ³)	Cuota Volumétrica (US\$/m ³)	Doméstico			Institucional			Comercial			Industrial		
				W ₁	W ₂	W ₃	X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
Dom	W ₁ (pequeño)	5.97	0.03	1.00	0.35	0.31	0.21	0.19	0.17	0.11	0.101	0.091	0.061	0.055	0.049
	W ₂ (mediano)	17.22	0.09	2.88	1.00	0.90	0.60	0.54	0.49	0.32	0.29	0.26	0.17	0.16	0.14
	W ₃ (grande)	19.13	0.10	3.20	1.11	1.00	0.67	0.60	0.54	0.36	0.32	0.29	0.19	0.17	0.16
Inst	X ₁ (pequeño)	28.70	0.14	4.81	1.67	1.50	1.00	0.90	0.81	0.54	0.49	0.44	0.29	0.26	0.24
	X ₂ (mediano)	31.89	0.16	5.34	1.85	1.67	1.11	1.00	0.90	0.60	0.54	0.49	0.32	0.29	0.26
	X ₃ (grande)	35.43	0.18	5.93	2.06	1.85	1.23	1.11	1.00	0.67	0.60	0.54	0.36	0.32	0.29
Com	Y ₁ (pequeño)	53.14	0.27	8.90	3.09	2.78	1.85	1.67	1.50	1.00	0.90	0.81	0.54	0.49	0.44
	Y ₂ (mediano)	59.05	0.30	9.89	3.43	3.09	2.06	1.85	1.67	1.11	1.00	0.90	0.60	0.54	0.49
	Y ₃ (grande)	65.61	0.33	10.99	3.81	3.43	2.29	2.06	1.85	1.23	1.11	1.00	0.67	0.60	0.54
Ind	Z ₁ (pequeño)	98.41	0.49	16.48	5.72	5.14	3.43	3.09	2.78	1.85	1.67	1.50	1.00	0.90	0.81
	Z ₂ (mediano)	109.35	0.55	18.32	6.35	5.72	3.81	3.43	3.09	2.06	1.85	1.67	1.11	1.00	0.90
	Z ₃ (grande)	121.50	0.61	20.35	7.06	6.35	4.23	3.81	3.43	2.29	2.06	1.85	1.23	1.11	1.00

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV

4.3.2.2 Tarifa en Bloques Crecientes

Este modelo proporciona distintas cuotas volumétricas para el agua consumida dentro de los distintos rangos de consumo definidas en el capítulo 3 (ver la tabla 3-4). Las cuotas se elevan con cada bloque sucesivo.

En esencia, se cobra a un usuario una cuota unitaria para las primeras unidades consumidas hasta el límite del bloque inicial. Por encima de este límite, se cobrará al usuario una cuota más alta por las unidades adicionales consumidas, hasta el límite del segundo bloque, y sigue siendo así hasta que el consumo del usuario coincida al bloque más alto en la estructura.

Se ilustran la función objetivo con las restricciones a continuación:

Función Objetivo

$$\text{MAX } I = \sum A_i W_i + \sum B_j X_j + \sum C_k Y_k + \sum D_l Z_l$$

Restricciones

Sujeto a:

Restricción	Diferenciación
$\sum A_i W_i + \sum B_j X_j + \sum C_k Y_k + \sum D_l Z_l = IVR$	La suma del producto del volumen total de agua consumida dentro de los distintos rangos de consumo y su correspondiente cuota volumétrica debe de ser igual al ingreso variable requerido.
$0.9W_{i+1} \geq W_i ; 0.9X_{j+1} \geq X_j ; 0.9Y_{k+1} \geq Y_k ;$ $0.9Z_{l+1} \geq Z_l ;$	Para cada tipo de usuario, la cuota volumétrica de los clientes dentro de un rango en particular debe exceder la cuota volumétrica de los clientes dentro del rango anterior por <u>al menos</u> 10%.
$W_1 \leq 0.25PVM ; X_1 \geq PVM ; Y_k \geq 1.25PVM ;$ $Z_l \geq 1.25PVM ;$	Un método de subsidios cruzados donde los usuarios domésticos pagan la menor cuota volumétrica (<u>no más</u> del 25% del PVM) con los clientes comerciales e industriales pagando <u>al menos</u> 125% del PVM.
$1.1X_1 \geq W_4 ; 1.1Y_1 \geq X_5 ; 1.1Z_1 \geq Y_5 .$	La cuota volumétrica de los clientes domésticos dentro del último rango de consumo debe de ser <u>mayor que</u> la cuota volumétrica de los clientes institucionales dentro del primer rango de consumo por <u>al menos</u> 10%; asimismo para los clientes institucionales, comerciales e industriales

Donde:

A, B, C, D = Volumen total de agua consumida por los clientes domésticos, institucionales, comerciales e industriales respectivamente

i, j, k, l = Tipo de cliente doméstico, institucional, comercial e industrial respectivamente

CAPÍTULO IV

W, X, Y, Z = Cuota volumétrica para los clientes domésticos, institucionales, comerciales e industriales respectivamente

I = Ingreso
 IFR = Ingreso Variable Requerido
 PVM = Precio Variable Medio

El propósito del modelo es tener equidad en la estructura tarifaria, proporcionar subsidios cruzados entre los distintos usuarios y lograr la autosuficiencia financiera del organismo operador.

4.3.2.2.1 Resultados

A continuación se presenta la solución óptima del modelo:

Tabla 4-4 – Estructura Tarifaria – Tarifa en Bloques Crecientes

Cliente		Rango de Consumo (m ³ /mes)	Estructura tarifaria	
			Cuota Volumétrica (G\$/m ³)	Cuota Volumétrica (US\$/m ³)
Doméstico	W ₁	0 - 6	5.97	0.03
	W ₂	6 - 12	22.85	0.11
	W ₃	12 - 20	25.39	0.13
	W ₄	> 20	28.21	0.14
Institucional	X ₁	< 40	25.65	0.13
	X ₂	40 - 50	28.50	0.14
	X ₃	50 - 60	31.66	0.16
	X ₄	60 - 70	35.18	0.18
	X ₅	> 70	39.09	0.20
Comercial	Y ₁	< 40	35.54	0.18
	Y ₂	40 - 50	39.48	0.20
	Y ₃	50 - 60	43.87	0.22
	Y ₄	60 - 70	48.75	0.24
	Y ₅	> 70	54.16	0.27
Industrial	Z ₁	< 40	49.24	0.25
	Z ₂	40 - 50	54.71	0.27
	Z ₃	50 - 60	60.79	0.30
	Z ₄	60 - 70	67.54	0.34
	Z ₅	> 70	75.05	0.38

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV

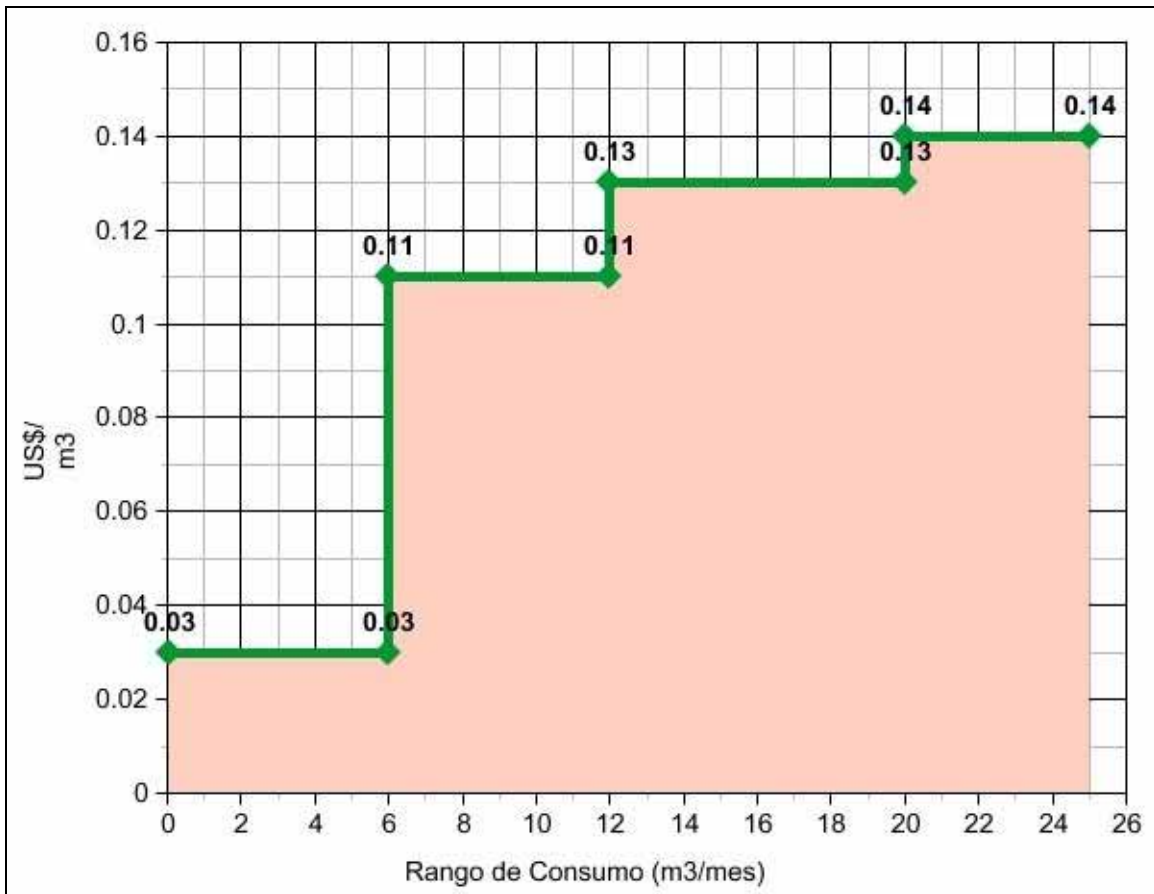


Figura 4-4 – Tarifa en Bloques Crecientes (Clientes Domésticas)
(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV

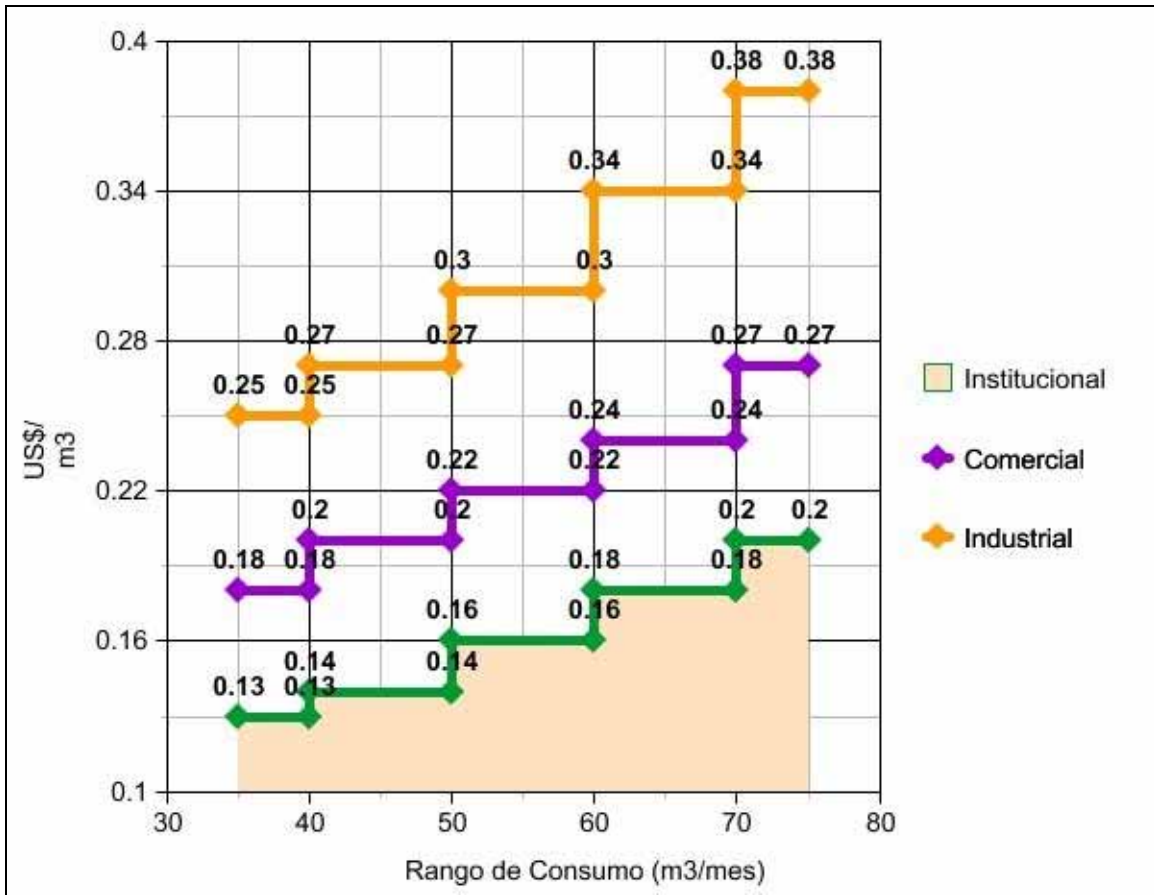


Figura 4-5 – Tarifa en Bloques Crecientes (Clientes No Domésticos)
(Fuente: Elaboración propia)

A continuación se presenta una tabla comparativa de la estructura tarifaria:

CAPÍTULO IV

Tabla 4-5 – Comparación – Tarifa en Bloques Crecientes

Cliente		Comparación entre tarifas																		
		Doméstico				Institucional					Comercial					Industrial				
		W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
Dom	W ₁	1.00	0.26	0.24	0.21	0.23	0.21	0.19	0.17	0.15	0.17	0.15	0.14	0.12	0.11	0.12	0.11	0.10	0.09	0.08
	W ₂	3.83	1.00	0.90	0.81	0.89	0.80	0.72	0.65	0.58	0.64	0.58	0.52	0.47	0.42	0.46	0.42	0.38	0.34	0.30
	W ₃	4.25	1.11	1.00	0.90	0.99	0.89	0.80	0.72	0.65	0.71	0.64	0.58	0.52	0.47	0.52	0.46	0.42	0.38	0.34
	W ₄	4.73	1.23	1.11	1.00	1.10	0.99	0.89	0.80	0.72	0.79	0.71	0.64	0.58	0.52	0.57	0.52	0.46	0.42	0.38
Inst	X ₁	4.30	1.12	1.01	0.91	1.00	0.90	0.81	0.73	0.66	0.72	0.65	0.58	0.53	0.47	0.52	0.47	0.42	0.38	0.34
	X ₂	4.77	1.25	1.12	1.01	1.11	1.00	0.90	0.81	0.73	0.80	0.72	0.65	0.58	0.53	0.58	0.52	0.47	0.42	0.38
	X ₃	5.30	1.39	1.25	1.12	1.23	1.11	1.00	0.90	0.81	0.89	0.80	0.72	0.65	0.58	0.64	0.58	0.52	0.47	0.42
	X ₄	5.89	1.54	1.39	1.25	1.37	1.23	1.11	1.00	0.90	0.99	0.89	0.80	0.72	0.65	0.71	0.64	0.58	0.52	0.47
	X ₅	6.55	1.71	1.54	1.39	1.52	1.37	1.23	1.11	1.00	1.10	0.99	0.89	0.80	0.72	0.79	0.71	0.64	0.58	0.52
Com	Y ₁	5.95	1.56	1.40	1.26	1.39	1.25	1.12	1.01	0.91	1.00	0.90	0.81	0.73	0.66	0.72	0.65	0.58	0.53	0.47
	Y ₂	6.61	1.73	1.56	1.40	1.54	1.39	1.25	1.12	1.01	1.11	1.00	0.90	0.81	0.73	0.80	0.72	0.65	0.58	0.53
	Y ₃	7.35	1.92	1.73	1.56	1.71	1.54	1.39	1.25	1.12	1.23	1.11	1.00	0.90	0.81	0.89	0.80	0.72	0.65	0.58
	Y ₄	8.17	2.13	1.92	1.73	1.90	1.71	1.54	1.39	1.25	1.37	1.23	1.11	1.00	0.90	0.99	0.89	0.80	0.72	0.65
	Y ₅	9.07	2.37	2.13	1.92	2.11	1.90	1.71	1.54	1.39	1.52	1.37	1.23	1.11	1.00	1.10	0.99	0.89	0.80	0.72
Ind	Z ₁	8.25	2.15	1.94	1.75	1.92	1.73	1.56	1.40	1.26	1.39	1.25	1.12	1.01	0.91	1.00	0.90	0.81	0.73	0.66
	Z ₂	9.16	2.39	2.15	1.94	2.13	1.92	1.73	1.56	1.40	1.54	1.39	1.25	1.12	1.01	1.11	1.00	0.90	0.81	0.73
	Z ₃	10.18	2.66	2.39	2.15	2.37	2.13	1.92	1.73	1.56	1.71	1.54	1.39	1.25	1.12	1.23	1.11	1.00	0.90	0.81
	Z ₄	11.31	2.96	2.66	2.39	2.63	2.37	2.13	1.92	1.73	1.90	1.71	1.54	1.39	1.25	1.37	1.23	1.11	1.00	0.90
	Z ₅	12.57	3.28	2.96	2.66	2.93	2.63	2.37	2.13	1.92	2.11	1.90	1.71	1.54	1.39	1.52	1.37	1.23	1.11	1.00

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV

4.3.2.3 Tarifa en Bloques Decrecientes

A diferencia del modelo anterior, el modelo de tarifas en bloques decrecientes tiene una cuota volumétrica unitaria para cada bloque que disminuye sucesivamente. Se usan los mismos rangos de consumo como el modelo anterior.

En esencia, se cobra a un usuario una cuota unitaria para las primeras unidades consumidas hasta el límite del bloque inicial. Sin embargo, por encima de este límite, se cobrará al usuario una cuota menor por las unidades adicionales consumidas, hasta el límite del segundo bloque y así sucesivamente para los demás bloques

Se ilustran la función objetivo con las restricciones a continuación:

Función Objetivo

$$\text{MAX } I = \sum A_i W_i + \sum B_j X_j + \sum C_k Y_k + \sum D_l Z_l$$

Restricciones

Sujeto a:

Restricción	Diferenciación
$\sum A_i W_i + \sum B_j X_j + \sum C_k Y_k + \sum D_l Z_l = IVR$	La suma del producto del volumen total de agua consumida dentro de los distintos rangos de consumo y su correspondiente cuota volumétrica debe de ser igual al ingreso variable requerido.
$0.9W_i \leq W_{i+1} ; 0.9X_j \leq X_{j+1} ; 0.9Y_k \leq Y_{k+1} ;$ $0.9Z_l \leq Z_{l+1} ;$	Para cada tipo de usuario, la cuota volumétrica de los clientes dentro de un rango en particular debe de ser menor que la cuota volumétrica de los clientes dentro del siguiente por <u>no más</u> del 10%.
$W_1 \leq PVM ; X_1 \geq 1.25PVM ; Y_1 \geq 2PUV ;$ $Z_1 \geq 2.5PUV ;$	Un método de subsidios cruzados donde los usuarios domésticos pagan la menor cuota volumétrica (<u>no más</u> del PVM) con los clientes comerciales e industriales pagando <u>no más</u> del 200% y 250% del PVM respectivamente.

Donde:

A, B, C, D = Volumen total de agua consumida por los clientes domésticos, institucionales, comerciales e industriales respectivamente

i, j, k, l = Tipo de cliente doméstico, institucional, comercial e industrial respectivamente

W, X, Y, Z = Cuota volumétrica para los clientes domésticos, institucionales, comerciales e industriales respectivamente

I = Ingreso

IFR = Ingreso Variable Requerido

CAPÍTULO IV

PVM = Precio Variable Medio

Este modelo tiene como propósito respetar las economías de escala, es decir, los más grandes consumidores del agua pagan una cuota menor por más unidades adicionales consumidas. También, trata de proporcionar subsidios cruzados entre los distintos usuarios y lograr la autosuficiencia financiera del organismo operador.

4.3.2.3.1 Resultados

A continuación se presenta la solución óptima del modelo:

Tabla 4-6 – Estructura Tarifaria – Tarifa en Bloques Decrecientes

Cliente		Rango de Consumo (m ³ /mes)	Estructura tarifaria	
			Cuota Volumétrica (G\$/m ³)	Cuota Volumétrica (US\$/m ³)
Doméstico	W ₁	0 - 6	18.42	0.09
	W ₂	6 - 12	16.58	0.08
	W ₃	12 - 20	14.92	0.07
	W ₄	> 20	13.43	0.07
Institucional	X ₁	< 40	29.85	0.15
	X ₂	40 - 50	26.87	0.13
	X ₃	50 - 60	24.18	0.12
	X ₄	60 - 70	21.76	0.11
	X ₅	> 70	19.58	0.10
Comercial	Y ₁	< 40	47.76	0.24
	Y ₂	40 - 50	42.98	0.21
	Y ₃	50 - 60	38.69	0.19
	Y ₄	60 - 70	34.82	0.17
	Y ₅	> 70	31.34	0.16
Industrial	Z ₁	< 40	59.70	0.30
	Z ₂	40 - 50	53.73	0.27
	Z ₃	50 - 60	48.36	0.24
	Z ₄	60 - 70	43.52	0.22
	Z ₅	> 70	39.17	0.20

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV

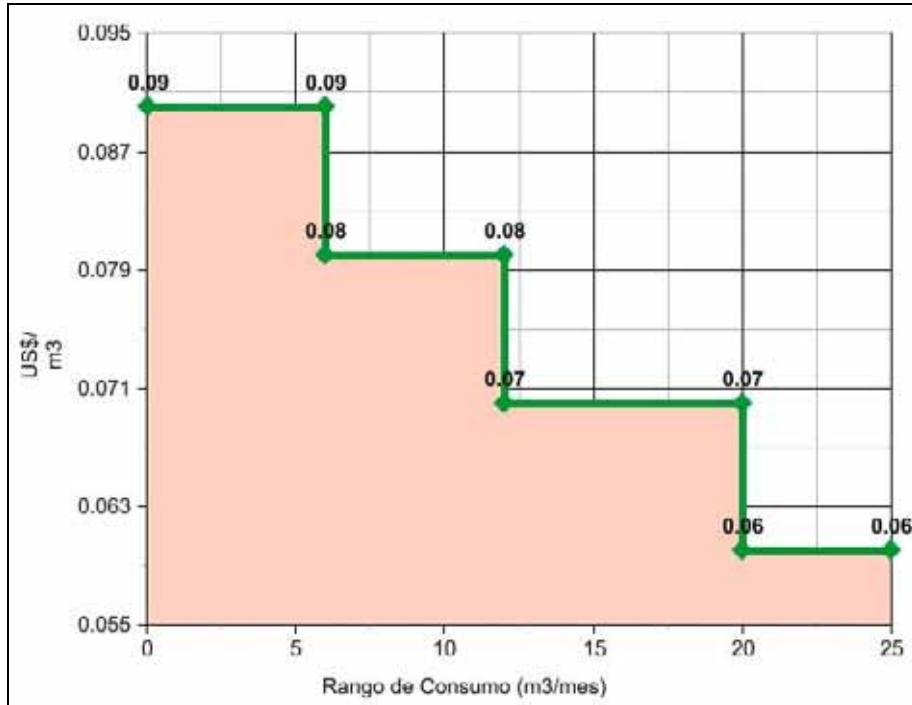


Figura 4-6 – Tarifa en Bloques Decrecientes (Clientes Domésticos)
(Fuente: Elaboración propia)

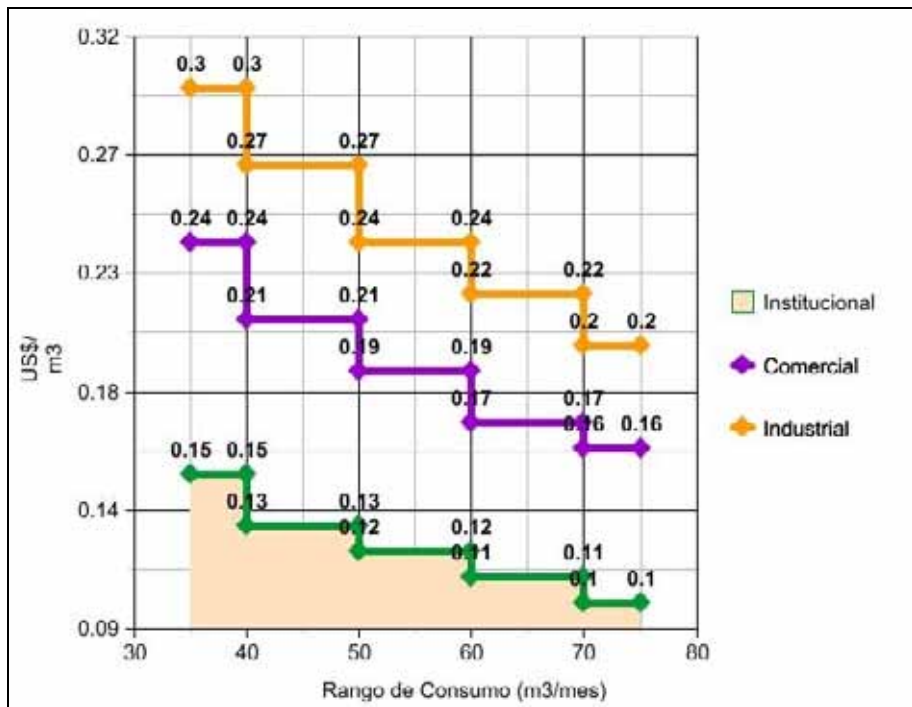


Figura 4-7 – Tarifa en Bloques Decrecientes (Clientes No Domésticos)
(Fuente: Elaboración propia)

A continuación se presenta una tabla comparativa de la estructura tarifaria:

CAPÍTULO IV

Tabla 4-7 – Comparación – Tarifas en Bloques Decrecientes

Cliente		Comparación entre tarifas																		
		Doméstico				Institucional					Comercial					Industrial				
		W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
Dom	W ₁	1.00	1.11	1.23	1.37	0.62	0.69	0.76	0.85	0.94	0.39	0.43	0.48	0.53	0.59	0.31	0.34	0.38	0.42	0.47
	W ₂	0.90	1.00	1.11	1.23	0.56	0.62	0.69	0.76	0.85	0.35	0.39	0.43	0.48	0.53	0.28	0.31	0.34	0.38	0.42
	W ₃	0.81	0.90	1.00	1.11	0.50	0.56	0.62	0.69	0.76	0.31	0.35	0.39	0.43	0.48	0.25	0.28	0.31	0.34	0.38
	W ₄	0.73	0.81	0.90	1.00	0.45	0.50	0.56	0.62	0.69	0.28	0.31	0.35	0.39	0.43	0.22	0.25	0.28	0.31	0.34
Inst	X ₁	1.62	1.80	2.00	2.22	1.00	1.11	1.23	1.37	1.52	0.63	0.69	0.77	0.86	0.95	0.50	0.56	0.62	0.69	0.76
	X ₂	1.46	1.62	1.80	2.00	0.90	1.00	1.11	1.23	1.37	0.56	0.63	0.69	0.77	0.86	0.45	0.50	0.56	0.62	0.69
	X ₃	1.31	1.46	1.62	1.80	0.81	0.90	1.00	1.11	1.23	0.51	0.56	0.63	0.69	0.77	0.41	0.45	0.50	0.56	0.62
	X ₄	1.18	1.31	1.46	1.62	0.73	0.81	0.90	1.00	1.11	0.46	0.51	0.56	0.63	0.69	0.36	0.41	0.45	0.50	0.56
	X ₅	1.06	1.18	1.31	1.46	0.66	0.73	0.81	0.90	1.00	0.41	0.46	0.51	0.56	0.62	0.33	0.36	0.40	0.45	0.50
Com	Y ₁	2.59	2.88	3.20	3.56	1.60	1.78	1.98	2.19	2.44	1.00	1.11	1.23	1.37	1.52	0.80	0.89	0.99	1.10	1.22
	Y ₂	2.33	2.59	2.88	3.20	1.44	1.60	1.78	1.98	2.19	0.90	1.00	1.11	1.23	1.37	0.72	0.80	0.89	0.99	1.10
	Y ₃	2.10	2.33	2.59	2.88	1.30	1.44	1.60	1.78	1.98	0.81	0.90	1.00	1.11	1.23	0.65	0.72	0.80	0.89	0.99
	Y ₄	1.89	2.10	2.33	2.59	1.17	1.30	1.44	1.60	1.78	0.73	0.81	0.90	1.00	1.11	0.58	0.65	0.72	0.80	0.89
	Y ₅	1.70	1.89	2.10	2.33	1.05	1.17	1.30	1.44	1.60	0.66	0.73	0.81	0.90	1.00	0.52	0.58	0.65	0.72	0.80
Ind	Z ₁	3.24	3.60	4.00	4.44	2.00	2.22	2.47	2.74	3.05	1.25	1.39	1.54	1.71	1.91	1.00	1.11	1.23	1.37	1.52
	Z ₂	2.92	3.24	3.60	4.00	1.80	2.00	2.22	2.47	2.74	1.13	1.25	1.39	1.54	1.71	0.90	1.00	1.11	1.23	1.37
	Z ₃	2.62	2.92	3.24	3.60	1.62	1.80	2.00	2.22	2.47	1.01	1.13	1.25	1.39	1.54	0.81	0.90	1.00	1.11	1.23
	Z ₄	2.36	2.62	2.92	3.24	1.46	1.62	1.80	2.00	2.22	0.91	1.01	1.13	1.25	1.39	0.73	0.81	0.90	1.00	1.11
	Z ₅	2.13	2.36	2.62	2.92	1.31	1.46	1.62	1.80	2.00	0.82	0.91	1.01	1.13	1.25	0.66	0.73	0.81	0.90	1.00

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV

4.3.2.4 Combinación: Tarifa en Bloques Crecientes/Decrecientes

El siguiente modelo es una combinación de una estructura en bloques crecientes para los clientes domésticos e institucionales y una estructura en bloques decrecientes para los clientes comerciales e industriales:

Función Objetivo

$$\text{MAX } I = \sum A_i W_i + \sum B_j X_j + \sum C_k Y_k + \sum D_l Z_l$$

Restricciones

Sujeto a:

Restricción	Diferenciación
$\sum A_i W_i + \sum B_j X_j + \sum C_k Y_k + \sum D_l Z_l = IVR$	La suma del producto del volumen total de agua consumida dentro de los distintos rangos de consumo y su correspondiente cuota volumétrica debe de ser igual al ingreso variable requerido.
$0.9W_{i+1} \geq W_i ; 0.9X_{j+1} \geq X_j ;$	Para los usuarios domésticos e institucionales, la cuota volumétrica de los clientes dentro de un rango en particular debe exceder la cuota volumétrica de los clientes dentro del rango anterior por <u>al menos</u> 10%.
$0.9Y_k \leq Y_{k+1} ; 0.9Z_l \leq Z_{l+1} ;$	Para los usuarios comerciales e industriales, la cuota volumétrica de los clientes dentro de un rango en particular debe de ser menor que la cuota volumétrica de los clientes dentro del siguiente por <u>no más</u> del 10%.
$W_1 \leq 0.25PVM ; X_1 \geq PVM ; Y_1 \geq 2PUV ; Z_1 \geq 2.5PUV ;$	Un método de subsidios cruzados donde los usuarios domésticos pagan la menor cuota volumétrica (<u>no más</u> del 25% del PVM) con los clientes comerciales e industriales pagando <u>no más</u> del 200% y 250% del PVM respectivamente.

Donde:

A, B, C, D = Volumen total de agua consumida por los clientes domésticos, institucionales, comerciales e industriales respectivamente

i, j, k, l = Tipo de cliente doméstico, institucional, comercial e industrial respectivamente

W, X, Y, Z = Cuota volumétrica para los clientes domésticos, institucionales, comerciales e industriales respectivamente

I = Ingreso

IVR = Ingreso Variable Requerido

PVM = Precio Variable Medio

CAPÍTULO IV

Como una combinación sin precedente, este modelo tiene como propósito proporcionar equidad en la estructura tarifaria y, al mismo tiempo, respetar las economías de escala. También, trata de proporcionar subsidios cruzados entre los distintos usuarios y lograr la autosuficiencia financiera del organismo operador.

4.3.2.4.1 Resultados

A continuación se presenta la solución óptima del modelo:

Tabla 4-8 – Estructura Tarifaria – Tarifas en Bloques Crecientes/Decrecientes

Cliente		Rango de Consumo (m ³ /mes)	Estructura tarifaria	
			Cuota Volumétrica (G\$/m ³)	Cuota Volumétrica (US\$/m ³)
Doméstico	W ₁	0 - 6	5.97	0.03
	W ₂	6 - 12	23.28	0.12
	W ₃	12 - 20	25.87	0.13
	W ₄	> 20	28.75	0.14
Institucional	X ₁	< 40	23.88	0.12
	X ₂	40 - 50	26.53	0.13
	X ₃	50 - 60	29.48	0.15
	X ₄	60 - 70	32.76	0.16
	X ₅	> 70	36.40	0.18
Comercial	Y ₁	< 40	47.76	0.24
	Y ₂	40 - 50	42.98	0.21
	Y ₃	50 - 60	38.69	0.19
	Y ₄	60 - 70	34.82	0.17
	Y ₅	> 70	31.34	0.16
Industrial	Z ₁	< 40	59.70	0.30
	Z ₂	40 - 50	53.73	0.27
	Z ₃	50 - 60	48.36	0.24
	Z ₄	60 - 70	43.52	0.22
	Z ₅	> 70	39.17	0.20

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO IV

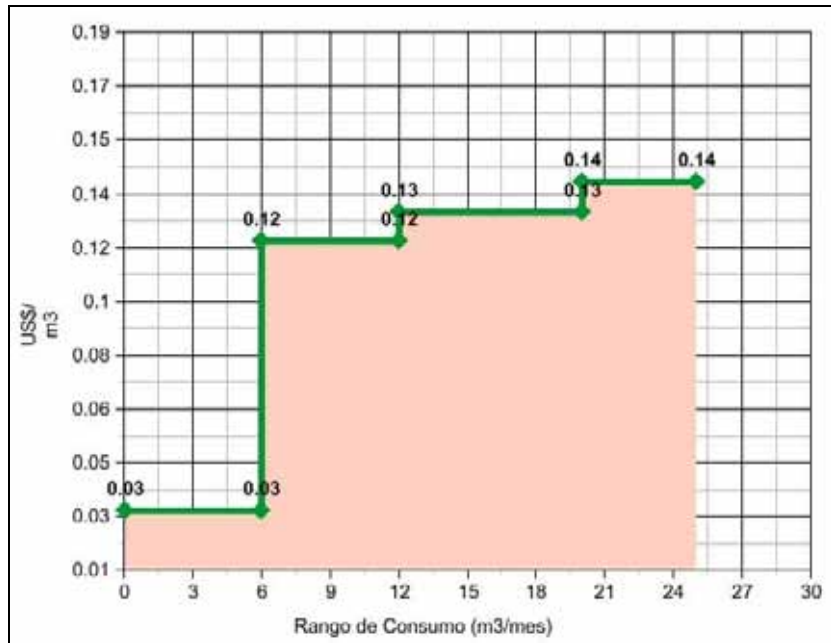


Figura 4-8 – Tarifa en Bloques Crecientes/Decrecientes (Clientes Domésticos)
(Fuente: Elaboración propia)

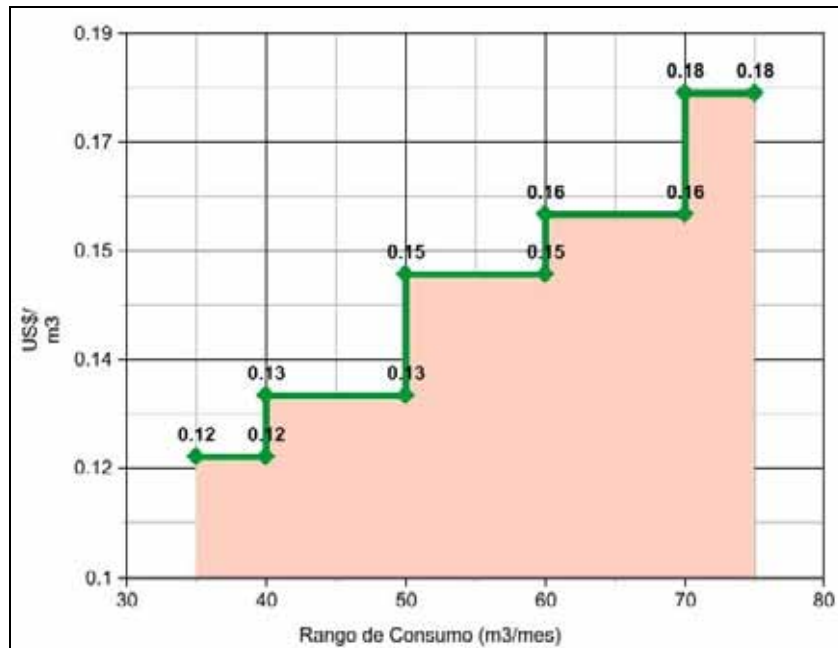


Figura 4-9 – Tarifa en Bloques Crecientes/Decrecientes (Clientes Institucionales)
(Fuente: elaboración propia)

CAPÍTULO IV

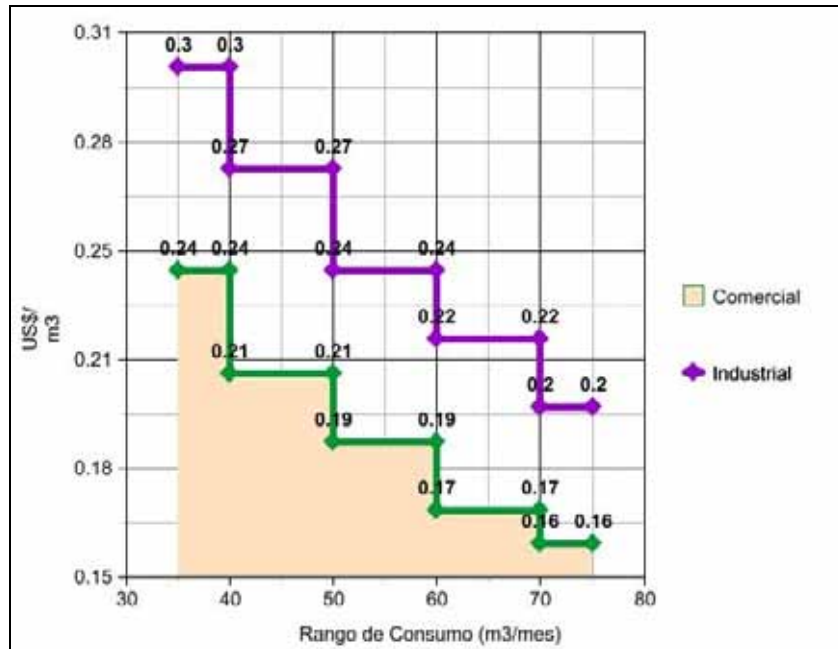


Figura 4-10 – Tarifa en Bloques Crecientes/Decrecientes (Clientes Comerciales e Industriales)
(Fuente: Elaboración propia)

A continuación se presenta una tabla comparativa de la estructura tarifaria:

CAPÍTULO IV

Tabla 4-9 – Comparación – Tarifas en Bloques Crecientes/Decrecientes

Cliente		Comparación entre tarifas																		
		Doméstico				Institucional					Comercial					Industrial				
		W ₁	W ₂	W ₃	W ₄	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₄	Z ₅
Dom	W ₁	1.00	0.26	0.23	0.21	0.25	0.23	0.20	0.18	0.16	0.13	0.14	0.15	0.17	0.19	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15
	W ₂	3.90	1.00	0.90	0.81	0.98	0.88	0.79	0.71	0.64	0.49	0.54	0.60	0.67	0.74	0.39	0.43	0.48	0.54	0.59
	W ₃	4.33	1.11	1.00	0.90	1.08	0.98	0.88	0.79	0.71	0.54	0.60	0.67	0.74	0.83	0.43	0.48	0.54	0.59	0.66
	W ₄	4.82	1.23	1.11	1.00	1.20	1.08	0.98	0.88	0.79	0.60	0.67	0.74	0.83	0.92	0.48	0.54	0.59	0.66	0.73
Inst	X ₁	4.00	1.03	0.92	0.83	1.00	0.90	0.81	0.73	0.66	0.50	0.56	0.62	0.69	0.76	0.40	0.44	0.49	0.55	0.61
	X ₂	4.44	1.14	1.03	0.92	1.11	1.00	0.90	0.81	0.73	0.56	0.62	0.69	0.76	0.85	0.44	0.49	0.55	0.61	0.68
	X ₃	4.94	1.27	1.14	1.03	1.23	1.11	1.00	0.90	0.81	0.62	0.69	0.76	0.85	0.94	0.49	0.55	0.61	0.68	0.75
	X ₄	5.49	1.41	1.27	1.14	1.37	1.23	1.11	1.00	0.90	0.69	0.76	0.85	0.94	1.05	0.55	0.61	0.68	0.75	0.84
	X ₅	6.10	1.56	1.41	1.27	1.52	1.37	1.23	1.11	1.00	0.76	0.85	0.94	1.05	1.16	0.61	0.68	0.75	0.84	0.93
Com	Y ₁	8.00	2.05	1.85	1.66	2.00	1.80	1.62	1.46	1.31	1.00	1.11	1.23	1.37	1.52	0.80	0.89	0.99	1.10	1.22
	Y ₂	7.20	1.85	1.66	1.50	1.80	1.62	1.46	1.31	1.18	0.90	1.00	1.11	1.23	1.37	0.72	0.80	0.89	0.99	1.10
	Y ₃	6.48	1.66	1.50	1.35	1.62	1.46	1.31	1.18	1.06	0.81	0.90	1.00	1.11	1.23	0.65	0.72	0.80	0.89	0.99
	Y ₄	5.83	1.50	1.35	1.21	1.46	1.31	1.18	1.06	0.96	0.73	0.81	0.90	1.00	1.11	0.58	0.65	0.72	0.80	0.89
	Y ₅	5.25	1.35	1.21	1.09	1.31	1.18	1.06	0.96	0.86	0.66	0.73	0.81	0.90	1.00	0.52	0.58	0.65	0.72	0.80
Ind	Z ₁	10.00	2.56	2.31	2.08	2.50	2.25	2.03	1.82	1.64	1.25	1.39	1.54	1.71	1.91	1.00	1.11	1.23	1.37	1.52
	Z ₂	9.00	2.31	2.08	1.87	2.25	2.03	1.82	1.64	1.48	1.13	1.25	1.39	1.54	1.71	0.90	1.00	1.11	1.23	1.37
	Z ₃	8.10	2.08	1.87	1.68	2.03	1.82	1.64	1.48	1.33	1.01	1.13	1.25	1.39	1.54	0.81	0.90	1.00	1.11	1.23
	Z ₄	7.29	1.87	1.68	1.51	1.82	1.64	1.48	1.33	1.20	0.91	1.01	1.13	1.25	1.39	0.73	0.81	0.90	1.00	1.11
	Z ₅	6.56	1.68	1.51	1.36	1.64	1.48	1.33	1.20	1.08	0.82	0.91	1.01	1.13	1.25	0.66	0.73	0.81	0.90	1.00

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO 5 - ANÁLISIS

El objetivo de este capítulo es comparar las estructuras tarifarias, decidir cual de ellas es la mejor opción para Guyana y hacer recomendaciones para su implementación.

5.1 MODELO DE CARGO FIJO

Se presentaron dos modelos de cargo fijo: el modelo de cargo fijo uniforme, en el cual se usó el precio fijo medio como el cargo fijo uniforme para todos los clientes, y modelo de cargo fijo variable, en el cual se desarrollaron distintos cargos fijos para los distintos usuarios.

El modelo de cargo fijo uniforme no es conveniente por la sencilla razón de que no toma en cuenta los distintos usuarios y usos del agua; la voluntad/habilidad de los usuarios de pagar por el agua; el uso eficiente del agua; ni la eficiencia financiera del organismo operador.

Al contrario, el modelo del cargo fijo variable proporciona equidad en la estructura tarifaria por medios de los subsidios cruzados; es decir, a los grandes clientes se cobran un cargo fijo mayor que el de los clientes menores. Por ello, a los clientes comerciales e industriales (los que usan el agua como insumo en el proceso productivo) se cobran al menos el 125% del precio fijo medio mientras a los pequeños clientes domésticos el cargo fijo es del 25% del precio fijo medio. Además, es fácil implementar tal estructura en Guyana y es seguro que la sociedad la aceptará, siempre y cuando se realicen las consultas públicas correspondientes.

Entonces, puede concluirse que el modelo de cargo fijo variable sería el más aplicable a Guyana.

5.2 MODELO DE CUOTA VOLUMÉTRICA

Cada uno de los cuatro modelos presentados logra la autosuficiencia financiera del organismo operador. Los modelos de precio unitario variable y tarifas en bloques crecientes proporcionan equidad en la estructura tarifaria, mientras el modelo de tarifas en bloques decrecientes respetan las economías de escala.

El modelo del precio unitario variable es similar a lo que actualmente existe. Sin embargo, el modelo presentado en esta investigación es más completo, hay una mejor clasificación de las tarifas unitarias para cada clase de clientes. Su implementación debería ser relativamente fácil sin protesta del público usuario.

El modelo de tarifa en bloques crecientes es muy común y es la estructura preferida para muchos países en vía de desarrollo. Sin embargo, es una estructura más favorable para clientes domésticos, porque promueve una cultura de uso eficiente. Por esta razón es posible que no sea la estructura preferible para clientes comerciales e industriales que usan el agua como un insumo en el proceso de producción.

CAPÍTULO V

Al contrario, la estructura en bloques decrecientes, en particular, está dirigida a los clientes comerciales e industriales, dándolos un incentivo para quedar usando el servicio de abastecimiento de agua potable del organismo operador.

Entonces, la preferencia sería una estructura tarifaria de bloques crecientes para clientes domésticos e institucionales y una estructura de bloques decrecientes para los clientes comerciales e industriales.

Por esta razón, la estructura sugerida para Guyana en este momento sería la combinación de una estructura en bloques crecientes para los clientes domésticos e institucionales y una estructura en bloques decrecientes para los clientes comerciales e industriales. Tal modelo tiene como propósito proporcionar equidad en la estructura tarifaria y, al mismo tiempo, respetar las economías de escala. También, proporciona subsidios cruzados entre los distintos usuarios y logra la autosuficiencia financiera del organismo operador.

Así, logra las ventajas principales de ambas estructuras. Por una parte, se promueve una buena cultura de uso del agua entre clientes domésticos e institucionales. Por ejemplo, al cliente doméstico más grande (*consumo más de 20m³ al mes*) se cobra una cuota que es 24% más de la que se cobra al primer consumidor institucional de bajo consumo (*menos de 40m³ al mes*); y 8% más que la que se cobra al segundo cliente (*consumo entre 40 y 50 m³ al mes*) (ver la tabla 4-9). Además, al cliente doméstico con el consumo máximo (21m³ al mes) se cobra una tarifa que representa el 5% del salario mínimo.

A continuación se presenta, en orden descendiente, la preferencia de las estructuras tarifarias:

Tabla 5-1 – Preferencia de las estructuras tarifarias

Orden	Estructura	Razones
1	Combinación: tarifas en bloques crecientes/decrecientes	Proporciona equidad en la estructura tarifaria, fomentando una cultura de uso eficiente del agua y, al mismo tiempo, respeta las economías de escala. <u>Una estructura muy favorable tanto para los clientes domésticos e institucionales como para los clientes comerciales e industriales.</u>
2	Tarifas en bloques crecientes	Proporciona equidad en la estructura tarifaria, fomentando una cultura de uso eficiente del agua. <u>No es muy favorable para los clientes comerciales e industriales.</u>
3	Precio unitario variable	Una buena estructura tarifaria que proporciona equidad en la estructura tarifaria, fomentando una cultura de uso eficiente del agua, pero no es tan completo como el modelo de tarifas en bloques crecientes. Además, <u>no es muy favorable para los clientes comerciales e industriales.</u>
4	Tarifas en bloques decrecientes	Respeto las economías de escala pero <u>no fomenta una cultura de uso eficiente de agua en los</u>

CAPÍTULO V

Orden	Estructura	Razones
		<u>clientes domésticos e institucionales. Es una estructura muy adecuada para clientes comerciales e industriales.</u>

(Fuente: Elaboración propia)

Al comparar la estructura propuesta (TBC/TBD) con la actual, son evidentes las ventajas de la segunda (ver tabla 5-2). Los clientes domésticos cuyos consumo está dentro del rango de consumo del primer bloque paga una cuenta mensual total de solamente 0.68% del salario mínimo mensual⁹. Su cuenta mensual total cuyo consumo está dentro del rango de consumo del último bloque es del 5.8% del salario mínimo. Al contrario, con la estructura actual esos valores son del 1.31% y 9.8% respectivamente. Entonces, es obvio que la estructura tarifaria propuesta proporciona un beneficio económico y social a los clientes domésticos.

Además, con la estructura propuesta hay una reducción de, en promedio, 30.52% en la cuenta mensual total de los clientes domésticos y un incremento del 30% en la cuenta de los clientes industriales. Lo anterior es testimonio de los subsidios cruzados que los clientes industriales proporcionarían a los usuarios o clientes domésticos.

Esos hechos son evidencias a la viabilidad socioeconómica de la estructura tarifaria propuesta y su superioridad a la que está actualmente en vigor.

⁹ Salario mínimo = G\$ 24,000 (US\$ 120). Fuente: www.gina.gov.gy 18 de mayo de 2008

CAPÍTULO V

Tabla 5-2 – Comparación entre Estructura Tarifaria Actual y la Propuesta en este trabajo

Tipo de Cliente	Rango de Cons. (m ³ /mes)	Moda de Cons. (m ³ /mes)	Estructura Tarifaria Actual						Estructura Tarifaria Propuesta (TBC/TBD)						% Incr./D ecr. en Cuenta Total (Actual vs TBC/DC)	
			Car. Fijo	Cuota Volumétrica		Cuenta Total		% de Sal. Min.	Cargo Fijo		Cuota Volumétrica		Cuenta Total Mensual			% de Sal. Min.
				(G\$/US\$)/mes	G\$/m ³	US\$/m ³	G\$/mes		US\$/mes	G\$/mes	US\$/mes	G\$/m ³	US\$/m ³	G\$/mes		
Dom	0 - 6	5	0	63	0.32	315	1.58	1.31	134	0.67	5.97	0.03	163	0.82	0.68	48.12
	6 - 12	10	0	94	0.47	940	4.70	3.92	712	3.56	23.28	0.12	945	4.72	3.94	0.50
	12 - 20	16	0	112	0.56	1,792	8.96	7.47	791	3.95	25.87	0.13	1,205	6.02	5.02	32.76
	> 20	21	0	112	0.56	2,352	11.76	9.80	791	3.95	28.75	0.14	1,395	6.97	5.81	40.71
Inst	< 40	35	0	100.80	0.50	3,528	17.64	n.a	1,186	5.93	23.88	0.12	2,022	10.11	n.a	42.68
	40 - 50	42	0	100.80	0.50	4,234	21.17	n.a	1,186	5.93	26.53	0.13	2,301	11.50	n.a	45.65
	50 - 60	51	0	100.80	0.50	5,141	25.70	n.a	1,318	6.59	29.48	0.15	2,822	14.11	n.a	45.11
	60 - 70	63	0	100.80	0.50	6,350	31.75	n.a	1,465	7.32	32.76	0.16	3,528	17.64	n.a	44.44
	>70	72	0	100.80	0.50	7,258	36.29	n.a	1,465	7.32	36.40	0.18	4,085	20.43	n.a	43.71
Com	< 40	38	0	100.80	0.50	3,830	19.15	n.a	2,197	10.99	47.76	0.24	4,012	20.06	n.a	4.74
	40 - 50	45	0	100.80	0.50	4,536	22.68	n.a	2,197	10.99	42.98	0.21	4,131	20.66	n.a	8.92
	50 - 60	55	0	100.80	0.50	5,544	27.72	n.a	2,441	12.21	38.69	0.19	4,569	22.84	n.a	17.59
	60 - 70	67	0	100.80	0.50	6,754	33.77	n.a	2,712	13.56	34.82	0.17	5,045	25.23	n.a	25.30
	>70	74	0	100.80	0.50	7,459	37.30	n.a	2,712	13.56	31.34	0.16	5,031	25.16	n.a	32.55
Ind	< 40	39	0	100.80	0.50	3,931	19.66	n.a	4,069	20.34	59.70	0.30	6,397	31.98	n.a	62.72
	40 - 50	47	0	100.80	0.50	4,738	23.69	n.a	4,069	20.34	53.73	0.27	6,594	32.97	n.a	39.18
	50 - 60	58	0	100.80	0.50	5,846	29.23	n.a	4,521	22.60	48.36	0.24	7,325	36.63	n.a	25.30
	60 - 70	69	0	100.80	0.50	6,955	34.78	n.a	5,023	25.11	43.52	0.22	8,026	40.13	n.a	15.39
	>70	75	0	100.80	0.50	7,560	37.80	n.a	5,023	25.11	39.17	0.20	7,961	39.80	n.a	5.30

(Fuente: Elaboración propia)

CAPÍTULO V

5.3 COMPARACIÓN INTERNACIONAL

Según el *Global Water 2005 Intelligence Tariff Survey*, la tarifa doméstica media global de agua potable es US\$ 0.7/m³. En el caso de Guyana, con el modelo de tarifa en bloques crecientes/decrecientes la cuota volumétrica media sería US\$ 0.10/m³. Entonces, se compara favorablemente con la estadística global. La Tabla 5-3 presenta una comparación entre las tarifas domésticas de agua potable de algunas ciudades alrededor del mundo.

Como se puede observar, las tarifas de agua potable del modelo de TBC/D son muy bajas en comparación con ellas alrededor del mundo. En realidad, la situación en Guyana es muy buena en comparación con los países en el Caribe y en Sudamérica. Entonces, no debería tenerse problemas para convencer a la población de implementar estas tarifas en el país.

Tabla 5-3 – Comparación Mundial de Tarifas de Agua Potable

Región	País	Ciudad	Tarifa Doméstica Media (US\$/m ³)	Diferencia con el Modelo de TBC/D (tantas veces más)
África	Moroco	Casablanca	1.03	10.30
	Sudáfrica	Ciudad del Cabo	0.61	6.10
	Nigeria	Lagos	0.37	3.70
	Sudáfrica	Johannesburgo	0.29	2.90
	Kenya	Nairobi	0.24	2.40
Asia	Japón	Tokio	2.86	28.60
	Qatar	Doha	1.20	12.00
	Indonesia	Yakarta	0.60	6.00
	China	Hong Kong	0.53	5.30
	India	Mumbai	0.13	1.30
Caribe	Antillas Neerlandesas	Curazao	6.11	61.10
	Islas Caimán	Islas Caimán	4.89	48.90
	Islas Vírgenes (EEUU)	Islas Vírgenes de EEUU	4.86	48.60
	Cuba	Habana	0.01	0.10
Centroamérica	Costa Rica	San José	0.32	3.20
	El Salvador	San salvador	0.30	3.00
	Guatemala	Ciudad de Guatemala	2.10	21.00
	Honduras	Tegucigalpa	0.05	0.50
Europa	Dinamarca	Copenhague	2.84	28.40
	Suiza	Zurich	2.59	25.90
	Alemania	Berlín	2.56	25.60
	Reino Unido	Londres	1.80	18.00
	Rusia	Saratov	0.23	2.30
Norteamérica	México	Ciudad de México	0.32	3.20
	EEUU	San Diego	1.74	17.40

CAPÍTULO V

Región	País	Ciudad	Tarifa Doméstica Media (US\$/m ³)	Diferencia con el Modelo de TBC/D (tantas veces más)
	Canadá	Montreal	1.23	12.30
	EEUU	Boston	1.03	10.30
	EEUU	Washington DC	0.88	8.80
Oceanía	Australia	Brisbane	1.13	11.30
		Sydney	1.08	10.80
		Melbourne	0.87	8.70
Sudamérica	Brasil	Belo Horizonte	1.03	10.30
	Chile	Santiago de Chile	0.50	5.00
	Uruguay	Montevideo	0.42	4.20
	Perú	Lima	0.36	3.60
	Argentina	Buenos Aires	0.30	3.00

(Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados del Global Water Intelligence y Enciclopedia del Internet, Wikipedia)

CONCLUSIÓN

CONCLUSIÓN

Si bien cada modelo tiene su mérito, la estructura tarifaria más apropiada para GWI es el modelo de la combinación de una estructura tarifaria en bloques crecientes para los clientes domésticos e institucionales y una estructura tarifaria en bloques decrecientes para clientes comerciales e industriales.

Estudios como el de este trabajo de investigación y tesis, tienen el propósito de ayudar a la toma de decisiones de las autoridades para buscar garantizar plenamente el servicio de abasto de agua y saneamiento básico a toda la población, haciendo autosuficiente financieramente al(os) organismo(s) proveedor(es) de los servicios. Esto sólo puede lograrse sanamente con tarifas reales y eficientes que cubran la totalidad de los costos (económicos y eficientes) del suministro de agua y desalojo con tratamiento de las residuales.

Se ha demostrado con la estructura tarifaria desarrollada que si es posible lograr esa autosuficiencia aplicando tarifas justas, equitativas y que no son gravosas o difíciles de pagar por los usuarios del agua.

Esperemos que Guyana no caiga en el mal endémico o problemática de México, en que los sistemas operadores son deficitarios, el servicio es interrumpido o malo, la infraestructura en deterioro y muy frecuente el cambio de autoridades (directivos y administradores) que más han obedecido a razones político-administrativas que de corte ingenieril y técnico necesaria para hacer buenos sistemas abastecedores de agua y alcantarillado. No deje Guyana que las tarifas y la autosuficiencia de los sistemas esté sujeta a legisladores, políticos y sindicatos más que los verdaderos técnicos que conocen cómo prestar un buen servicio, cómo cuidar y mejorar su infraestructura y cómo garantizar que sea permanente la calidad y mejora del servicio.

En México las tarifas y situación financiera de los organismos depende en última instancia de manejos legislativos y razones políticas y cambios administrativos más que de la necesaria cobertura de los costos reales. Esto ha conducido a que:

- (i) Los sistemas requieran subsidio y la infraestructura sea obsoleta y se deteriore;
- (ii) No haya permanencia de personal capacitado ni de programas de calidad;
- (iii) Haya mucho desperdicio de agua y mucha morosidad de usuarios que no pagan;
- (i) Baja calidad en los servicios y falta de cobertura universal; y, finalmente y contrario a lo que supuestamente era el principio que debió haber impulsado el origen de la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado, actualmente:
 - Los usuarios más pobres son los que pagan mayores costos por el agua necesaria;

CONCLUSIÓN

- La contaminación y degradación de los recursos hidráulicos se agrava cada vez más, porque cada vez es mayor el costo de su control y nadie define quién debe asumirlo o pagarlo; y finalmente,
- Es una situación defectuosa que ya está muy enraizada, profunda y que no se ve el tiempo ni el camino para corregirla.

Esperemos que Guyana no tenga que pasar por lo mismo para experimentarlo, aprender y corregirlo. Esta a buen tiempo para sentar las bases tarifarias para un buen servicio de agua potable y saneamiento.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones para poner en práctica esta estructura tarifaria serían las siguientes:

- (i) Debería haber consultas públicas antes de la implementación del modelo tarifario para sensibilizar a los clientes de los cambios inminentes entre la estructura actual y la nueva.
- (ii) El modelo tarifario debería ser actualizado periódicamente de acuerdo con tasa de inflación del país y lograr que la reserva conserve siempre un poder adquisitivo adecuado (superior a la inflación medida como el INPC –Índice Nacional de Precios al Consumidor, (CPI por sus siglos en inglés).
- (iii) El plan de modernización para el cual los gastos de inversión fueron estimados debería tener más consideración con el propósito de ponerlo en práctica.
- (iv) El organismo operador debería establecer mecanismos de información y aclaraciones, es decir deberá publicar un completo informe financiero y administrativo del uso de los recursos, ya sea por Internet o por medio de difusión, que se compruebe que los ingresos generados estén siendo utilizados en el cumplimiento de las metas y objetivos de la empresa.
- (v) Deberá existir una sistemática y frecuente revisión del padrón de usuarios, para mantenerlo actualizado.
- (vi) Debería haber personas suficientemente capacitadas en el área de tarificación tanto en el organismo operador como en el organismo regulador.
- (vii) Se tendría que vigilar y comparar los índices de desempeño de la empresa, su evolución y tendencias.

BIBLIOGRAFÍA

- (i) Aurora Energy.: 2003, *The Case for Declining Block Tariffs*: Submission to the Pricing Issues Focus Group.
- (ii) Barrett, R., Sinclair, P.: 1999, *Water charges and the cost of metering*, Discussion Paper 99-05, University of Birmingham, Department of Economics, Birmingham.
- (iii) Beaie, Sonkarley: 2006, *Population Projections Guyana 2005 – 2025*, Bureau of Statistics, Georgetown.
- (iv) Boland, J., Whittington, D.: *Water Tariff Design in Developing Countries: Disadvantages of Increasing Block Tariffs (IBTs) and Advantages of Uniform Price with Rebate (UPR)*
- (v) Boland, John J, Whittington, D. *Water Tariff Design in Developing Countries: Disadvantages of Increasing Block Tariffs (IBTs) and Advantages of Uniform Price With Rebate (UPR) Designs*. <http://www.japac.gob.mx/cms/content>
- (vi) Brook, J.B.; Locussol, A.: *Easing tariff increases: Financing the transition to cost-covering water tariffs in Guinea*.
- (vii) Brown, P.: 2002, *The Price Scare Will be a False Alarm*, Redefining Progress for People, Nature and the Economy, Climate Change Issue Brief, available at: <http://www.rprogress.org/newpubs/2002/pricescare2002.pdf>
- (viii) Chambouleyron, A.: 2003, *An incentive Mechanism for Decentralized Water Metering Decisions*, Economics Working Paper Archive at WUSTL 0301013.
- (ix) Chambouleyron, A.: 2003, *Optimal water metering and pricing*, Economics Working Paper Archive at WUSTL 0301013.
- (x) Cruz, Flor: 1999, *Determinación de tarifas óptimas para la autosuficiencia financiera de la Junta Intermunicipal de Agua Potable y Alcantarillado de Zacatecas*, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, División de Estudios de Posgrado.
- (xi) Dandy, G., McBean, C., Hutchinson, B.: 1984, *A model for constrained optimum water pricing and capacity expansion*, Water Resources Research 20(5): 511-520.
- (xii) Fisher, F, Askari, H.: 2001, *Optimal Water Management in the Middle East and Other Regions*, *Finance & Development* 38(5), available at: <http://www.imf.org/external/pubs/ft/fandd/2001/09/fisher.htm>

BIBLIOGRAFÍA

- (xiii) Gleick, Peter: 1999, *The Human Right to Water*. Water Policy 487-503.
- (xiv) Government of Guyana: 2002, *Guyana Population and Housing Census*, Bureau of Statistic, Georgetown.
- (xv) Guyana Water Incorporated: 2002, *Annual Report and Accounts*, Georgetown.
- (xvi) Guyana Water Incorporated: 2003, *Annual Report and Accounts*, Georgetown.
- (xvii) Guyana Water Incorporated: 2004, *Leakage Control Strategy*, Georgetown.
- (xviii) Guyana Water Incorporated: 2007, *NRW and Metering Targets*, Georgetown.
- (xix) IMTA (1): 2003, *Diseño de estructuras de tarifas para empresas de agua*. Material tecnológico. 1^{era} edición, México, Printed and made in México. 83p.
- (xx) IMTA (2): 2003, *Canoniza*, software para el diseño de estructuras tarifarias de agua potable, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- (xxi) Jaglin, Sylvie: 2005, *The right to water versus cost recovery: participation, urban water supply and the poor in sub-Saharan Africa*. Environmental and Urbanisation Vol 14 No 1.
- (xxii) Jamison et al.: 2003, *Annotated reading list for a body of knowledge on the regulation of utility infrastructure and services*, World Bank, disponible en <http://www.regulationbodyofknowledge.org>
- (xxiii) Jordan, Jeffrey L, *Pricing to Encourage Conservation: Which Price? Which Rate Structure?*, University of Georgia
- (xxiv) *Key Issues of Tariff Reform in the Water Sector in the EECCA*. <http://www.japac.gob.mx/cms/content>
- (xxv) Laredo, David: 1991, *Principles of Tariff Design for Water and Wastewater Services*, Water and Sanitation for Health Project (USAID).
- (xxvi) Markandya, A, *The Costs of and Pricing of Water*, World Bank
- (xxvii) Moncur, J., Pollock, R.: 1988, *Scarcity rents for water: A valuation and pricing model*, Land Economics 64(1): 62 – 72
- (xxviii) Moncur, J., Pollock, R.: 1989, *Scarcity rents for water: A valuation and pricing model (reply)*, Land Economics 65(4): 425 – 428
- (xxix) Perry, C.J., Rock, M., Seckler, D.: 1997, *Water as an economic good: A solution, or a problem?* Research Report 14. Colombo, Sri Lanka: International Irrigation Management Institute.

BIBLIOGRAFÍA

- (xxx) Riley, J., Scherer, C.: 1979, *Optimal water pricing and storage with cyclical supply and demand*, Water Resources Research 15(2): 233-239.
- (xxxii) Savenije, H.H.G.; van der Zaag, P.: 2001, *Demand Management and Water as an economic good, paradigm and pitfalls*. Value of Water Research Report Series No. 8
- (xxxiii) Savenije, H.H.G: 2001, *Why water is not an ordinary economic good*. Value of Water Research Report Series No. 8
- (xxxiiii) Sripadmini, R.: 2000, *Natural Resource Scarcity (Concepts and Measurement)*, available at: <http://www.toenre.ac.in/seminar/s2rsp.htm>
- (xxxv) Warder, G., Atkins, W.: 1994, *Leakage and Demand Management*, 20th WEDC Conference: Colombo, Sri Lanka.
- (xxxvi) Whittington, Dale: 1992, *Possible adverse effects of increasing block water tariffs in developing countries*, *Economic Development and Change*, Oct. 1992 <http://www.eepsea.org/publications/specialp2/ACF33E.html>.
- (xxxvii) Whittington, Dale: 2002 *Municipal Water Pricing and Tariff Design: A Reform Agenda for Cities in Developing Countries*
- (xxxviii) World Bank Analytical and Advisory Assistance Programme; *Reform of Water Tariffs in Chongding: A Case Study Review*
- (xxxix) Zarnikau, J.: 1994, *Spot market pricing of water resources and efficient means of rationing water resources during scarcity*, Resource and Energy Economics 16(3): 189-210.

ANEXOS

ANEXOS

ANEXO A

Anexo A1 – Agua Suministrada por División (2004 – 2006)

División Administrativo	Agua Suministrada (m ³)		
	2004	2005	2006
División 1	5,882,713	5,285,135	5,254,696
División 2	16,312,898	12,210,336	12,437,110
División 3 (Linden)	7,484,932	6,122,924	8,282,865
División 3 (East Bank Demerara)	14,783,276	10,308,446	11,221,016
División 3 (East Coast Demerara)	35,792,033	22,042,246	18,435,118
División 3 (Georgetown)	29,071,266	27,312,682	26,232,233
División 3 (Sub-Total)	87,131,507	65,786,298	64,171,233
División 4	15,252,194	9,934,047	9,116,509
División 5	20,288,134	18,443,345	18,221,484
TOTAL	144,867,446	111,659,161	109,201,031

(Fuente: GWI)

Anexo A2 – Porcentaje de Agua No Contabilizada por División (2004 – 2006)

División Administrativo	Porcentaje de Agua No Contabilizada		
	2004	2005	2006
División 1	62.9%	68.7%	54.2%
División 2	50.2%	40.8%	49.1%
División 3 (Linden)	80.7%	77.3%	95.1%
División 3 (East Bank Demerara)	73.8%	63.1%	75.6%
División 3 (East Coast Demerara)	70.3%	55.4%	63.0%
División 3 (Georgetown)	57.9%	62.9%	75.1%
División 4	78.8%	70.9%	85.1%
División 5	62.2%	62.5%	82.8%
Global	62.1%	56.8%	72.8%
Licencia de Operación	50.2%	39.4%	32.2%

(Fuente: GWI)

ANEXOS

ANEXO B

Anexo B 1 – Número Proyectado de Tomas por División (2010 – 2025)

División Administrativo	Numero de tomas			
	2010	2015	2020	2025
División 1	15,077	17,109	17,386	17,513
División 2	29,332	33,286	33,825	34,072
División 3 (Linden)	5,644	6,404	6,508	6,556
División 3 (East Bank Demerara)	15,261	17,318	17,598	17,727
División 3 (East Coast Demerara)	35,035	39,757	40,401	40,696
División 3 (Georgetown)	42,702	48,458	49,243	49,602
División 3 (Sub-total)	98,641	111,937	113,750	114,580
División 4	16,711	18,963	19,270	19,411
División 5	40,930	46,448	47,200	47,544
Interior	2,008	2,278	2,315	2,332
TOTAL	202,699	230,021	233,746	235,452

(Fuente: Elaboración propia)

ANEXOS

Anexo B2 – Clasificación del número total de tomas

Año	Categoría de Cliente	División 1	División 2	División 3				División 4	División 5
				Linden	EBD	ECD	GT		
2010	Doméstico								
	Banda 1	10,252	19,946	3,838	10,377	23,823	29,037	11,363	27,833
	Banda 3	1,922	3,740	720	1,946	4,467	5,445	2,131	5,219
	Banda 5	641	1,247	240	649	1,489	1,815	710	1,740
	Total	12,815	24,932	4,797	12,972	29,779	36,297	14,204	34,791
	Sub-total (División 3)			83,845					
	Sub-total (Doméstico)	170,587							
	Institucional								
	Pequeño	286	557	107	290	666	811	318	778
	Mediano	9	18	3	9	21	26	10	25
	Grande	6	12	2	6	14	17	7	16
	Total	302	587	113	305	701	854	334	819
	Sub-total (División 3)			1,973					
	Sub-total (Institucional)	4,014							
	Comercial								
	Pequeño	1,025	1,995	384	1,038	2,382	2,904	1,136	2,783
	Mediano	109	211	41	110	252	307	120	295
	Grande	72	141	27	73	168	205	80	196
	Total	1,206	2,347	451	1,221	2,803	3,416	1,337	3,274
	Sub-total (División 3)			7,891					
	Sub-total (Comercial)	16,055							
	Industrial								
	Pequeño	731	1,423	274	740	1,699	2,071	810	1,985
Mediano	15	29	6	15	35	43	17	41	
Grande	8	15	3	8	18	21	8	20	
Total	754	1,467	282	763	1,752	2,135	836	2,047	

ANEXOS

Año	Categoría de Cliente	División 1	División 2	División 3				División 4	División 5
				Linden	EBD	ECD	GT		
	Sub-total (División 3)			4,932					
	Sub-total (Industrial)	10,035							
	NÚM. TOTAL DE TOMAS	200,691							
2015	Doméstico								
	Banda 1	11,634	22,634	4,355	11,776	27,035	32,951	12,895	31,584
	Banda 3	2,181	4,244	817	2,208	5,069	6,178	2,418	5,922
	Banda 5	727	1,415	272	736	1,690	2,059	806	1,974
	Total	14,543	28,293	5,444	14,720	33,793	41,189	16,119	39,480
	Sub-total (División 3)			95,146					
	Sub-total (Doméstico)	193,581							
	Institucional								
	Pequeño	325	632	122	329	755	921	360	883
	Mediano	10	20	4	10	24	29	11	28
	Grande	7	13	3	7	16	19	8	19
	Total	342	666	128	346	795	969	379	929
	Sub-total (División 3)			2,239					
	Sub-total (Institucional)	4,555							
	Comercial								
	Pequeño	1,163	2,263	435	1,178	2,703	3,295	1,289	3,158
	Mediano	123	240	46	125	286	349	137	334
	Grande	82	160	31	83	191	233	91	223
	Total	1,369	2,663	512	1,385	3,181	3,877	1,517	3,716
	Sub-total (División 3)			8,955					
	Sub-total (Comercial)	18,219							
	Industrial								
Pequeño	830	1,614	311	840	1,928	2,350	920	2,253	
Mediano	17	33	6	17	40	48	19	46	

ANEXOS

Año	Categoría de Cliente	División 1	División 2	División 3				División 4	División 5
				Linden	EBD	ECD	GT		
	Grande	9	17	3	9	20	24	9	23
	Total	855	1,664	320	866	1,988	2,423	948	2,322
	Sub-total (División 3)			5,597					
	Sub-total (Industrial)	11,387							
	NÚM. TOTAL DE TOMAS	227,742							
2020	Doméstico								
	Banda 1	11,822	23,001	4,426	11,967	27,473	33,485	13,104	32,096
	Banda 3	2,217	4,313	830	2,244	5,151	6,278	2,457	6,018
	Banda 5	739	1,438	277	748	1,717	2,093	819	2,006
	Total	14,778	28,751	5,532	14,958	34,341	41,856	16,380	40,120
	Sub-total (División 3)			96,687					
	Sub-total (Doméstico)	196,716							
	Institucional								
	Pequeño	330	643	124	334	768	936	366	897
	Mediano	10	20	4	11	24	30	12	28
	Grande	7	14	3	7	16	20	8	19
	Total	348	677	130	352	808	985	385	944
	Sub-total (División 3)			2,275					
	Sub-total (Institucional)	4,629							
	Comercial								
	Pequeño	1,182	2,300	443	1,197	2,747	3,349	1,310	3,210
	Mediano	125	244	47	127	291	355	139	340
	Grande	83	162	31	84	194	236	92	227
	Total	1,391	2,706	521	1,408	3,232	3,939	1,542	3,776
	Sub-total (División 3)			9,100					
Sub-total (Comercial)	18,514								
Industrial									

ANEXOS

Año	Categoría de Cliente	División 1	División 2	División 3				División 4	División 5
				Linden	EBD	ECD	GT		
	Pequeño	843	1,641	316	854	1,959	2,388	935	2,289
	Mediano	17	34	7	18	40	49	19	47
	Grande	9	17	3	9	20	25	10	24
	Total	869	1,691	325	880	2,020	2,462	964	2,360
	Sub-total (División 3)			5,687					
	Sub-total (Industrial)	11,572							
	NÚM. TOTAL DE TOMAS	231,431							
2025	Doméstico								
	Banda 1	11,909	23,169	4,458	12,054	27,673	33,729	13,199	32,330
	Banda 3	2,233	4,344	836	2,260	5,189	6,324	2,475	6,062
	Banda 5	744	1,448	279	753	1,730	2,108	825	2,021
	Total	14,886	28,961	5,572	15,068	34,591	42,162	16,499	40,413
	Sub-total (División 3)			97,393					
	Sub-total (Doméstico)	198,152							
	Institucional								
	Pequeño	333	647	125	337	773	942	369	903
	Mediano	11	20	4	11	24	30	12	29
	Grande	7	14	3	7	16	20	8	19
	Total	350	681	131	355	814	992	388	951
	Sub-total (División 3)			2,292					
	Sub-total (Institucional)	4,662							
	Comercial								
	Pequeño	1,191	2,317	446	1,205	2,767	3,373	1,320	3,233
	Mediano	126	245	47	128	293	357	140	342
Grande	84	164	31	85	195	238	93	228	
Total	1,401	2,726	524	1,418	3,256	3,968	1,553	3,804	
Sub-total (División 3)			9,166						

ANEXOS

Año	Categoría de Cliente	División 1	División 2	División 3				División 4	División 5	
				Linden	EBD	ECD	GT			
	Sub-total (Comercial)	18,650								
	Industrial									
	Pequeño	849	1,652	318	860	1,974	2,406	941	2,306	
	Mediano	18	34	7	18	41	50	19	48	
	Grande	9	17	3	9	20	25	10	24	
	Total	876	1,704	328	886	2,035	2,480	971	2,377	
	Sub-total (División 3)					5,729				
	Sub-total (Industrial)	11,656								
	NÚM. TOTAL DE TOMAS	233,120								

(Fuente: Elaboración propia)

Anexo B 3 – Demanda Proyectada/Consumo Esperado

Año	Tipo de Cliente	Consumo Mensual (m ³ /mes)					Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)
		0 - 6	6 - 12	12 - 20	>20			
2010	Doméstico						Total (m³/mes)	Total (m³/año)
		1,011,582	924,582	586,820	1,706		2,524,690	30,296,279
	Consumo Mensual (m³/mes)							
	Institucional	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m³/mes)	Total (m³/año)
		14,048	167,777	9,232	3,251	241	194,550	2,334,596
	Comercial	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m³/mes)	Total (m³/año)
		30,505	740,148	75,460	33,716	4,495	884,324	10,611,886
	Industrial	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total	Total

ANEXOS

Año	Tipo de Cliente	Consumo Mensual (m ³ /mes)						
							(m ³ /mes)	(m ³ /año)
		11,740	481,558	71,245	33,114	7,526	605,183	7,262,196
		TOTAL					4,208,746	50,504,957
		Consumo Mensual (m ³ /mes)						
2015	Doméstico	0 - 6	6 - 12	12 - 20	>20		Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)
		1,147,936	1,049,210	665,919	1,936		2,865,000	34,380,006
		Consumo Mensual (m ³ /mes)						
	Institucional	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)
		15,942	190,393	10,476	3,689	273	220,774	2,649,283
		Consumo Mensual (m ³ /mes)						
	Comercial	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)
		34,617	839,914	85,631	38,261	5,101	1,003,524	12,042,294
		Consumo Mensual (m ³ /mes)						
	Industrial	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)
	13,323	546,468	80,849	37,578	8,540	686,757	8,241,090	
	TOTAL					4,776,056	57,312,672	
		Consumo Mensual (m ³ /mes)						
2020	Doméstico	0 - 6	6 - 12	12 - 20	>20		Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)
		1,166,526	1,066,201	676,703	1,967		2,911,398	34,936,778
		Consumo Mensual (m ³ /mes)						
	Institucional	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)

ANEXOS

Año	Tipo de Cliente	Consumo Mensual (m ³ /mes)							
			16,200	193,476	10,646	3,749	278	224,349	2,692,187
	Comercial	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)	
		35,177	853,516	87,018	38,880	5,184	1,019,776	12,237,315	
	Industrial	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)	
		13,539	555,318	82,158	38,186	8,679	697,879	8,374,551	
	TOTAL						4,853,403	58,240,830	
			Consumo Mensual (m³/mes)						
2025	Doméstico	0 - 6	6 - 12	12 - 20	>20		Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)	
		1,175,041	1,073,984	681,643	1,982		2,932,649	35,191,790	
			Consumo Mensual (m³/mes)						
	Institucional	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)	
		16,318	194,888	10,724	3,777	280	225,986	2,711,838	
	Comercial	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)	
		35,434	859,746	87,653	39,164	5,222	1,027,220	12,326,638	
	Industrial	<40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	>70	Total (m ³ /mes)	Total (m ³ /año)	
		13,638	559,371	82,758	38,465	8,742	702,973	8,435,679	
	TOTAL						4,888,829	58,665,944	

(Fuente: Elaboración propia)

ANEXOS

ANEXO C

Anexo C1 – Resultados – Cargo Fijo Variable

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
W1	1603	0	0	0	Infinity
W2	8542.09	0	0	0	0
W3	9491.21	0	0	0	0
X1	14236.81	0	0	0	0
X2	15818.68	0	0	0	0
X3	17576.31	0	0	0	0
Y1	26364.47	0	0	0	0
Y2	29293.86	0	0	0	0
Y3	32548.73	0	0	0	0
Z1	48823.1	0	0	0	0
Z2	54247.89	0	0	0	0
Z3	60275.43	0	0	- Infinity	0
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Cost Restriction	0	0	1.35E+09	728783300	Infinity
W1 <= X1	0	12633.81	0	-12633.81	Infinity
W2 <= Y2	0	20751.77	0	-20751.77	Infinity
W2 <= Z2	0	45705.8	0	-45705.8	Infinity
Y1 <= Z1	0	22458.63	0	-22458.63	Infinity
0.9Wi+1 >= Wi	0	6084.878	0	- Infinity	6084.88
	0	1.28E-03	0	-14127.39	8378.08
0.9Xj+1 >=Xj	0	1.59E-03	0	-16794.6	13875.51
	0	1.02E-03	0	-18226.66	15989.56
0.9Yk+1 >= Yk	0	1.39E-03	0	-15205.41	32930.8
	0	1.23E-03	0	-16864.71	36849.75
0.9Zl+1 >= Zl	0	4.96E-03	0	-41660.02	1794740
	0	2.28E-03	0	-47286.07	5601618
W1 <= 0.25					
PFM	0	0	1603	0	4761.55
Yk >=1.25PFM	0	18349.47	8015	- Infinity	26364.47
	0	21278.86	8015	- Infinity	29293.86
	0	24533.73	8015	- Infinity	32548.73
Zl >= 1.25PFM	0	40808.1	8015	- Infinity	48823.1
	0	46232.89	8015	- Infinity	54247.89
	0	52260.43	8015	- Infinity	60275.43
X1 >= 1.5W3	0	4.27E-04	0	-21056.27	15320.59
Y1 >=1.5X3	0	8.60E-04	0	-29863.46	27402.52
Z1 >= 1.5Y3	0	6.62E-03	0	-28070.7	61741.17
X1 >= PVM	0	7824.814	6412	- Infinity	14236.81

(Fuente: Elaboración propia, resultados de QM para Windows)

ANEXOS

Anexo C2 – Resultados – Precio Unitario Variable

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
W1	5.97	0	0	- Infinity	Infinity
W2	17.22	0	0	0	Infinity
W3	19.13	0	0	0	0
X1	28.7	0	0	0	0
X2	31.89	0	0	0	0
X3	35.43	0	0	0	0
Y1	53.14	0	0	0	0
Y2	59.05	0	0	0	0
Y3	65.61	0	0	0	0
Z1	98.41	0	0	0	0
Z2	109.35	0	0	0	0
Z3	121.5	0	0	- Infinity	0
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Cost restriction	0	0	1.41E+09	1194945000	Infinity
W1 <= X1	0	22.7276	0	-22.73	Infinity
W2 <= Y2	0	41.83001	0	-41.83	Infinity
W2 <= Z2	0	92.13064	0	-92.13	Infinity
Y1 <= Z1	0	45.27057	0	-45.27	Infinity
0.9Wi+1 >= Wi	0	9.526702	0	- Infinity	9.53
	0	0.00E+00	0	-36.35	11.28
0.9Xj+1 >=Xj	0	0.00E+00	0	-40.9	6.79
	0	0.00E+00	0	-43.93	7.81
0.9Yk+1 >= Yk	0	0.00E+00	0	-33.23	15.53
	0	0.00E+00	0	-36.84	17.35
0.9Zl+1 >= Zl	0	0.00E+00	0	-72.99	844.01
	0	0.00E+00	0	-83.07	2625.83
W1 = 0.25 PUVM	0	0	5.97	0	13.31
Yk >=1.25PUVM	0	23.30371	29.84	- Infinity	53.14
	0	29.20856	29.84	- Infinity	59.05
	0	35.76951	29.84	- Infinity	65.61
Zl >= 1.25PUVM	0	61.98428	36.43	- Infinity	98.41
	0	79.5092	29.84	- Infinity	109.35
	0	91.6591	29.84	- Infinity	121.5
X1 >= 1.5W3	0	0.00E+00	0	-56.7	19.28
Y1 >=1.5X3	0	0.00E+00	0	-70.18	13.36
Z1 >= 1.5Y3	0	0.00E+00	0	-61.32	29.04
X1 >= PVM	0	4.817602	23.88	- Infinity	28.7

(Fuente: Elaboración propia, resultados de QM para Windows)

ANEXOS

Anexo C3 – Resultados – Tarifa en Bloques Crecientes

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
W1	5.97	0	0	0	Infinity
W2	22.85	0	0	0	0
W3	25.39	0	0	0	0
W4	28.21	0	0	0	0
X1	25.65	0	0	0	0
X2	28.5	0	0	0	0
X3	31.66	0	0	0	0
X4	35.18	0	0	0	0
X5	39.09	0	0	0	0
Y1	35.54	0	0	0	0
Y2	39.48	0	0	0	0
Y3	43.87	0	0	0	0
Y4	48.75	0	0	0	0
Y5	54.16	0	0	0	0
Z1	49.24	0	0	0	0
Z2	54.71	0	0	0	0
Z3	60.79	0	0	0	0
Z4	67.54	0	0	0	0
Z5	75.05	0	0	- Infinity	0
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Cost Restriction	0	0	1.41E+09	1314892000	Infinity
W1 = 0.25PVM	0	0	5.97	0	13.54
0.9Wi+1 >= Wi	0	14.59632	0	- Infinity	14.6
	0	0	0	-8.29	20.02
	0	0	0	-5.4	26.66
0.9Xj+1 >= Xj	0	0	0	-12.55	2.63
	0	0	0	-12.32	3.12
	0	0	0	-13.6	3.48
	0	0	0	-15.07	3.87
0.9Yk+1 >= Yk	0	0	0	-36.44	3.98
	0	0	0	-24.04	7.71
	0	0	0	-25.54	9.35
	0	0	0	-27.77	10.89
0.9Zl+1 >= Zl	0	0	0	-70.45	11.27
	0	0	0	-58.46	58.77
	0	0	0	-62.36	166.24
	0	0	0	-67.89	916.17
X1 >= PVM	0	1.766994	23.88	- Infinity	25.65
Y1 >=1.25PVM	0	5.69643	29.84	- Infinity	35.54
Z1 >=1.25PVM	0	19.39921	29.84	- Infinity	49.24
X1 >=W4	0	0	0	-5.99	29.64
Y1 >=X5	0	0	0	-16.74	4.31
Z1 >=Y5	0	0	0	-30.76	12.18

(Fuente: Elaboración propia, resultados de QM para Windows)

ANEXOS

Anexo C4 – Resultados – Tarifas en Bloques Decrecientes

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
W1	18.42	0	0	0	Infinity
W2	16.58	0	0	0	0
W3	14.92	0	0	0	0
W4	13.43	0	0	0	0
X1	29.85	0	0	- Infinity	0
X2	26.87	0	0	- Infinity	0
X3	24.18	0	0	- Infinity	0
X4	21.76	0	0	- Infinity	0
X5	19.58	0	0	- Infinity	0
Y1	47.76	0	0	- Infinity	0
Y2	42.98	0	0	- Infinity	0
Y3	38.69	0	0	- Infinity	0
Y4	34.82	0	0	- Infinity	0
Y5	31.34	0	0	- Infinity	0
Z1	59.7	0	0	- Infinity	0
Z2	53.73	0	0	- Infinity	0
Z3	48.36	0	0	- Infinity	0
Z4	43.52	0	0	- Infinity	0
Z5	39.17	0	0	- Infinity	0
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Cost Restriction	0	0	1.41E+09	- Infinity	Infinity
W1 < PVM	0	5.456081	23.88	18.42	Infinity
0.9Wi <= Wi+1	0	0	0	-29.4	8.71
	0	0	0	-72.66	18.78
	0	0	0	-25060.62	13.44
0.9Xj <= Xj+1	0	0	0	-238.96	26.87
	0	0	0	-3460.61	24.18
	0	0	0	-12326.83	21.76
	0	0	0	-177499.2	19.58
0.9Yk <= Yk+1	0	0	0	-50.97	15.1
	0	0	0	-390.59	38.69
	0	0	0	-1132.05	34.82
	0	0	0	-9509.27	31.34
0.9Zl <= Zl+1	0	0	0	-73.96	21.9
	0	0	0	-398.98	48.36
	0	0	0	-1071.73	43.52
	0	0	0	-5680.19	39.17
X1 >= 1.25					
PVM	0	0	29.85	0	274.05
Y1 >= 2PVM	0	0	47.76	31.64	102.2
Z1 >= 2.5PVM	0	0	59.7	35.9	140.07

(Fuente: Elaboración propia, resultados de QM para Windows)

ANEXOS

Anexo C5 – Resultados – Tarifa en Bloques Crecientes/Decrecientes

Variable	Value	Reduced Cost	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
W1	5.97	0	0	0	Infinity
W2	23.28	0	0	0	0
W3	25.87	0	0	0	0
W4	28.75	0	0	0	0
X1	23.88	0	0	- Infinity	0
X2	26.53	0	0	- Infinity	0
X3	29.48	0	0	- Infinity	0
X4	32.76	0	0	- Infinity	0
X5	36.4	0	0	- Infinity	0
Y1	47.76	0	0	- Infinity	0
Y2	42.98	0	0	- Infinity	0
Y3	38.69	0	0	- Infinity	0
Y4	34.82	0	0	- Infinity	0
Y5	31.34	0	0	- Infinity	0
Z1	59.7	0	0	- Infinity	0
Z2	53.73	0	0	- Infinity	0
Z3	48.36	0	0	- Infinity	0
Z4	43.52	0	0	- Infinity	0
Z5	39.17	0	0	- Infinity	0
Constraint	Dual Value	Slack/Surplus	Original Val	Lower Bound	Upper Bound
Cost Restriction	0	0	1.41E+09	- Infinity	Infinity
W1 <= 0.25	0	0	5.97	0	15.48
PVM	0	14.98642	0	- Infinity	14.99
0.9Wi+1 >= Wi	0	0	0	-39.76	40.19
	0	0	0	-25.91	13869.03
0.9Xj+1 >= Xj	0	0	0	-23.88	129.73
	0	0	0	-26.53	1800.35
	0	0	0	-29.48	6723.73
	0	0	0	-32.76	98236.84
0.9Yk <= Yk+1	0	0	0	-31.35	42.98
	0	0	0	-240.19	38.69
	0	0	0	-696.15	34.82
	0	0	0	-5847.65	31.34
0.9Zl <= Zl+1	0	0	0	-45.48	53.73
	0	0	0	-245.35	48.36
	0	0	0	-659.06	43.52
	0	0	0	-3493	39.17
X1 >= PVM	0	0	23.88	0	145.2
Y1 >= 2PVM	0	0	47.76	0	81.24
Z1 >= 2.5PVM	0	0	59.7	0	109.12

(Fuente: Elaboración propia, resultados de QM para Windows)